

ISSN 2535-4470

Издательство
«Знание»

ГИПОТЕЗЫ ПРОГНОЗЫ

НАУКА И ФАНТАСТИКА 24

Международный ежегодник 1991





В ЭТОМ ВЫПУСКЕ

ББК 72
Г 50

Редакционная коллегия

Ответственный редактор Е. Б. ЭТИНГОФ

ГИПОТЕЗЫ ПРОГНОЗЫ

НАУКА И ФАНТАСТИКА

Выпуск 24

Издательство «Знание»
Москва 1991

Содержание

Многие помнят, как трудно оказалось народным депутатам определить, кому же должен приносить присягу первый Президент страны — гражданам, народу или народам Советского Союза. При утверждении текста присяги депутаты остановились на последнем варианте, который символически обозначил фатальную слабость нашего государства — это отсутствие должного осознания нас самих как цельного гражданского сообщества. Сфера межнациональных отношений оказалась одной из самых сложных для «архитекторов» перестройки. Реальные действия политиков и законодателей, как правило, носят реактивный характер, не поспевая за лавинообразным ходом событий, нередко трагических. В этих условиях чрезвычайно важно не только тщательно проанализировать сложившуюся ситуацию, но и определить возможные пути ее развития



Валерий Александрович Тишков —
историк и этнолог, доктор исторических наук, директор Института этнологии и антропологии АН СССР.

Советский Союз до и после перестройки

(опыт этнологического прогноза)

Начавшаяся с апреля 1985 г. демократизация застала наше многонациональное государство в крайне сложной исторической ситуации. Перечень кризисных проблем начинается с экологии. Амбициозные хозяйственные проекты освоения целинных земель и нефтегазовых ресурсов, строительство гигантских промыш-

ленных и энергетических комплексов, военных объектов были осуществлены экстенсивными, зачастую варварскими методами. Огромные массы трудовых ресурсов, главным образом из числа крупных народов (русские, украинцы), перемещались в районы преимущественного проживания других народов. Некоторые из них до сих пор сохраняют традиционные элементы хозяйственного жизнеобеспечения (оленеводство, охота и рыболовство у народов Севера, скотоводство и поливное земледелие у народов Средней Азии и Казахстана).

Экоцид сопровождался нанесением прямого физического ущерба целым народам (каракалпаки в зоне Аральского моря, белорусы, украинцы, русские на зараженных радиацией территориях, казахи в районах атомных испытаний). Так, за период жизни одного поколения в акватории Аральского моря осталась лишь треть прежнего объема воды и обнажились 3 млн. га морского дна, с которого ежегодно выносятся ветрами сотни миллионов тонн песка и соли. За последние 20 лет в Каракалпакской АССР детская смертность увеличилась вдвое и составляла в 1989 г. 51 (на 1000), т. е. в 2 раза выше, чем в среднем по стране. По сути, встал вопрос о самом существовании около 4 млн. человек, и гарантия политической стабильности в регионе связана с оздоровлением экологической обстановки Приаралья. Каракалпакский писатель Т. Каипбергенов объясняет отсутствие открытых конфликтов в республике только тем, что «все силы народа направлены на одно — на выживание. Мы не способны ни на что: ни на гнев, ни на поиски виновников, мы только об одном думаем: выжить, спастись...»*

В Белоруссии в результате Чернобыльской аварии и неэффективной ликвидации ее последствий в настоящее время заражено 20% территории республики, где проживают 2,2 млн. человек. Проблема последствий Чернобыля легла в основу общественно-политических движений в Белоруссии, оттеснив на второй план вопросы сохранения языка и культуры. Аналогичная ситуация складывается и на Украине, где под воздействием повышенной радиации живут около миллиона человек, из них около 250 тыс. детей, и в ряде областей России.

В ближайшее десятилетие экологические пробле-

---

* Советская культура. — 1990. — 31 марта.

мы, состояние среды обитания народов, конкуренция тесно контактирующих между собой этнических групп за использование сокращающихся ресурсов будут одним из основных факторов, влияющих на ситуацию в стране. Даже если удастся приостановить деградационные процессы в сфере экологии (как это произошло в развитых странах в 80-е гг.), грядущая более полная информация о нанесенном ущербе и усилия по ликвидации его последствий будут более чем достаточны, чтобы оставаться в эпицентре общественной жизни. Наиболее вероятен социальный взрыв в регионе Средней Азии и Казахстана, где при острой нехватке водных ресурсов и деградации земельных угодий в ближайшие два десятилетия произойдет почти удвоение 50-миллионного населения.

Этнодемографическая ситуация в СССР также чрезвычайно сложна. Последствия войны, крах аграрной политики (особенно в российском Нечерноземье) привели к депопуляции центральных районов, где проживают восточнославянские народы: русские, украинцы, белорусы. За последние десять лет деревенских жителей стало меньше в России на 3,2 млн. человек, в Белоруссии — на 776 тыс. Русскому народу предстоит в 90-е годы XX века пережить исторический момент — утрату статуса большинства населения страны (в 1989 г. — 51% населения). У неславянских народов Российской федерации (за исключением народов Севера), народов Средней Азии и Закавказья прирост населения был и остается значительно выше. За 1979—1989 гг. прирост населения составил среди русских лишь 5,6%, украинцев — 4,2%, белорусов — 6%, зато среди узбеков — 34%, киргизов — 32%, таджиков — 45%, туркмен — 34%, азербайджанцев — 24%. При этом в последние два десятилетия возросла моноэтничность в ряде республик, главным образом за счет отъезда русских (исключая Украину, Белоруссию, Литву, Латвию и Эстонию, где происходил обратный процесс, но и здесь с 1989 г. начался отток русскоязычного населения). В самое последнее время сказались также последствия открытых межнациональных конфликтов, насильственного изгнания представителей этнических меньшинств из ряда республик (Азербайджан, Армения и Узбекистан) и эмиграции за рубеж прежде всего немцев, евреев, греков. Только в 1989 г. из СССР выехало 235,6 тыс. человек, в 1990-е гг. суммарный «исход» может исчисляться миллионами.

Демографическая ситуация, которую никакими законодательными актами сразу не изменить, влияет и будет влиять в будущем на соотношение сил между Центром и периферией многонационального образования, на предъявление вполне законных претензий со стороны последней получить более высокий статус в центральных структурах власти и определять общегосударственную политику или же на появление *сепаратистских тенденций в случае, если эти претензии* не будут удовлетворены.

На проявления сепаратистских тенденций влияет и такой демографический фактор, как доля титульного, то есть давшего название республике, народа среди всего ее населения, а также этнический состав и статус нетитульного населения. Безусловно, что для Литвы, например, где литовцы составляют 80% населения, а другие группы (9% — русских, 8% — поляков, 2% — белорусов) не имеют какого-либо автономного статуса, демографическая ситуация наиболее благоприятствует отделению. Для Латвии (54% — латыши, 33 — русские, 5 — белорусы, 3 — украинцы и 3% — поляки) и для Эстонии (65% — эстонцы, 28 — русские, 3 — украинцы и 2% — белорусы) отделение гораздо более затруднено, а при демократической процедуре референдума, требующей $^2/_3$ голосов для получения мандата на выход из Союза, оно трудно осуществимо. Если, конечно, не произойдет массовой переориентации настроений иноэтничного населения этих республик, что не исключено. Проведенный 6 апреля 1990 г. опрос общественного мнения показал, что 50% русских в Вильнюсе поддерживали решение Верховного Совета Литвы об отделении, а при общереспубликанском опросе в феврале 1991 г. за отделение высказалось большинство населения.

К сепаратистским настроениям латышей и эстонцев может подталкивать и более низкий у них прирост населения, чем в других республиках (1,4 и 0,7% за 1979—1989 гг.). Если проецировать в будущее темпы роста населения прошлого десятилетия, то численность русских и эстонцев сравняется в Эстонии через 53 года, а русских и латышей в Латвии — через 65 лет. Именно это обстоятельство создало основу для столь обострившейся проблемы «мигрантов».

Во всех республиках, кроме Казахстана и Киргизии, где титульные национальности составляют меньшинство населения (42 и 48% соответственно), этнодемографическая база для возможного оформления сепаратистских тенденций весьма внушительна (от 59% в Таджикистане до 90% в Армении). Однако в Грузии (грузины составляют 69%) статус таких меньшинств, как осетины (3%) и абхазы (2%), оформлен территориальными автономиями, что затрудняет возможность их отделения через референдум среди всего населения республики.

Особенно остро в современную ситуацию вторгается проблема насильственных депортаций, осуществленных в годы сталинского режима. Это был пример классического этноцида.

Важное прогностическое значение имеет процесс насильственных или «выталкивающих» миграционных потоков между республиками, который касается прежде всего так называемого некоренного или иноязычного населения.

Однако демография — важный, но в ряде случаев далеко не определяющий фактор изменения ситуации и выбора варианта национального развития. Состояние экономики, политические условия, внешнее окружение (пограничные государства), исторические связи и степень культурной близости народов оказывают огромное влияние на позицию республик и характер национальных движений.

В социально-экономической сфере сложившиеся в условиях централистского волюнтаризма хозяйственная структура и система управления за многие десятилетия также аккумулировали в себе дезинтегрирующие факторы и прежде всего неудовлетворенность регионов и мест экономической стагнацией, за которую безусловную ответственность несет Центр и партийно-государственная бюрократия в республиках и областях. Естественная для такой большой страны региональная хозяйственная специализация превратилась в фантом бессмысленных и беспорядочных связей и взаимозависимостей, уродливых диспропорций, вторичных перераспределений товаров через кошелки пассажирских поездов.

Общее ухудшение условий жизни людей из-за продолжающегося кризиса экономики ослабляет центростремительные силы в Союзе и надежды исправить положение к лучшему в «дружной семье народов». Разворот «танкера» советской экономики на верный курс явно потребует годы, а по расчетам

некоторых экономистов, и десятилетия. Это подталкивает часть республик, прежде всего Прибалтики, выбирать собственные варианты улучшения благосостояния, даже если они подкреплены не точным экономическим расчетом, а всего лишь коллективной волей добиться этой цели через традиционные усердие и рачительность.

В то же время с трудом разрушаемая централистская система хозяйствования, обусловившая монокультурную зависимость экономики и низкий социальный уровень развития ряда регионов, прежде всего республик Средней Азии, пока оставляет для последних единственную надежду — поправить свои дела только в рамках общесоюзных связей и распределения бюджета. Более того, многие местные лидеры именно в союзе с сильным Центром видят возможность «истребовать» от других регионов и республик то, что, по их мнению, несправедливо изымалось в предыдущие десятилетия.

В политической сфере за годы перестройки произошли наиболее драматические изменения. До этого в огромной стране фактически отсутствовало гражданское общество и его необходимый атрибут — правовое государство. Государственная власть подменялась монополией партийных номенклатур, а отношения центра с периферией основывались на хорошо известной из истории системе «непрямого правления» и механизме «клиентуры», схожими в некоторых чертах с ситуацией в африканских странах.

В слабо модернизированных республиках эта система кое-где переродилась в феодально-клановые связи или срослась с преступно-мафиозными структурами, которым фактически не было никакой оппозиции. Национализм как идеология, а тем более как политическое действие, направленное против Центра, в общем-то отсутствовал. Зато достаточно определенно оформились местный шовинизм коренных наций, их претензии на завышенный статус и ассимиляторство в отношении малых групп и этнически малочисленных анклавов других народов (немцы и корейцы в Казахстане, таджики и турки-месхетинцы в Узбекистане, памирские народы в Таджикистане, курды, лезгины, талыши, армяне в Азербайджане и т. д.).

Пожалуй, только в Прибалтийском регионе дремал малозамечаемый центральным и местным руководством и даже специалистами вулкан массового недовольства основных народов их политическим статусом. Национализм в этих республиках чаще носил

характер не открытого протеста одиночек или интеллектуальных упражнений поэтов и историков, а скорее замкнутой в себе массовой оппозиции граждан, на бытовом уровне чаще объясняемой сдержанным темпераментом прибалтов. Прибалтийский национализм мощно подпитывался недавней памятью о независимом существовании, симпатиямн эмигрантских кругов и части международной общественности, позицией местной церкви: католической (Литва) и протестантской (Латвия, Эстония).

В то же время было бы антиисторично отрицать высокий уровень межэтнической терпимостн, взаимосвязей, взанмовлняний и личностных контактов в большинстве регионов Союза, о чем свидетельствует один из самых высоких в мире уровней межнациональных браков, который наблюдался в стране до самого последнего времени. Огромное государство на протяжении последних десятилетий не знало проявлений открытого насилия на почве межнациональной розни, в то время как в других регионах мира, включая развитые западные демократии, этнические конфликты в 60—80-е годы превратились в своеобразную «третью мировую войну», если считать понесенные от них материальные потери и человеческие жертвы.

* * *

Столь неожиданный и лавинообразный рост национальных движений н межэтнической напряженности в СССР за последние четыре года невозможно объяснить только проекцией мнровых тенденций феномена этнического возрождения и ростом современного постиндустрнального национализма, хотя влияние последних безусловно. Недостаточен и сам по себе фактор накопившегося и длительно сдерживаемого недовольства историческими несправедливостями и нынешними условиями социального и культурного существования народов. В конце концов наиболее сильное н организованное национальное движение имеет место далеко не в самых отсталых районах страны и среди не самых приниженных по социальному статусу этнических групп. Вообще, как представляется, в отлнчие от классического (британского) типа империи, когда расположенная далеко от владений метрополия способна богатеть за счет эксплуатации других народов, российский тип империи (территориальная целостность Центра

и периферии в пределах единой государственности) никогда в прошлом не позволял осуществить эту схему. Унитарному же советскому государству с его идеологизированной установкой на «расцвет и сближение наций» вообще пришлось «заплатить» за союз явным пренебрежением к социальному статусу и культуре доминирующего народа.

Подлинные причины национализма в самых разных его формах — от политических движений за суверенитет и независимость до погромов и вооруженных действий боевиков следует искать не столько в издержках национальной политики (реального угнетения одного народа другим фактически не было, а длительная политика льгот и помощи «ранее отсталым народам» — это также безусловный факт), сколько в отсутствии хотя бы первичных гражданских институтов, через которые граждане и группы, в том числе этнические, могли бы отстаивать и осуществлять свои интересы и права.

Как только ослабла некогда всемогущая и всепроникающая власть аппарата, сразу же проявилась фатальная неспособность государственных органов разного уровня в лице Советов регулировать и управлять общественными процессами и делами. Для миллионов советских граждан, пробудившихся в условиях гласности к общественной активности, обращение к национальному оказалось единственной и легко понимаемой основой для коллективного действия и выражения протеста в условиях социального и политического разочарования.

Не следует сбрасывать со счетов и обстоятельство, отмеченное З. Бжезинским: «Хотя коммунизм объявил себя интернационалистской доктриной, на деле он усилил в народе националистические чувства. Он породил политическую культуру, насыщенную нетерпимостью, самоуверенным самодовольством, неприятием социального компромисса и сильной склонностью к самовосхваляющему упрощенчеству»*. На уровне представлений господствовавшая коммунистическая догма действительно порождала нетерпимость, нередко принимавшую форму национализма. Что же касается общественной практики, то и здесь многие интернационалистские силы и связи в ходе эксперимента социалистического строительства были разрушены или не созданы. Достаточно

---

* Zbigniew Bzzezinski. Post — Communist Nationalism — Foreign Affairs, vol. 68, № 5, winter 1989/1990, p. 2.

вспомнить относительно космополитичную российскую аристократию, франкоязычную, нередко с немецким или другим иностранным происхождением, среди которой находилось место и знатным выходцам из национальных окраин. Три запатентованных еще недавно в составе Политбюро ЦК КПСС места для первых лиц Украины, Азербайджана и Казахстана, а также зачастую парадные связи творческой интеллигенции республик не смогли компенсировать эту социальную утрату. Советское государство с его замкнутой и малоподвижной экономикой оказалось в отличие от современного капитализма неспособным создать и столь влиятельную интернационалистскую по своей сути, социальную силу, как деловая элита.

Советское телевидение лишь усилило поток русскоязычного нормативного официоза, мало что давая для обогащения горизонтального межнационального общения. Зато гораздо чаще, особенно в моменты напряженности и кризисов, голубой экран центральных средств массовой информации оказывался повседневным домашним громоотводом в поисках враждебных сил и причин неурядиц.

Межэтнические отношения в стране в последние 3—4 года наводят на мысль, что национализм как мировоззрение и политическое действие, порожденный в XVIII—XIX вв. развитием молодого капитализма и стремлением буржуазии оформить «национальные рынки», сходит со сцены в постиндустриальных западных обществах, но благополучно сохранился в общественных условиях, которые мы называем социализмом. Впрочем, явление национализма связано скорее с определенной стадией в эволюции человеческих сообществ, чем с конкретным общественным устройством. Поэтому было бы антиисторично и безрассудно отвергать и подавлять национализм как некую общественную аномалию, тем более в такой хорошо известной форме как «нациестроительство», то есть создания «национального государства». Идея нации как существующей во времени и пространстве определенной общности еще долго останется в нашей стране мощной мобилизующей силой, пока не будет достигнуто материальное благосостояние, общегражданская демократия, пока индивид не получит возможность создавать достояние, обладание которым он будет ценить выше групповой этнической лояльности.

* * *

Так что же может ожидать Советский Союз с 289-миллионным населением, состоящим из более чем 130 народов? Кровавые межэтнические распри и армейские репрессии против населения ряда республик уже дали сотни погибших, тысячи раненых и беженцев. Начались миграции из Прибалтики, Молдовы, Средней Азии. Фактически закон бессилен перед этническим насилием, инициаторов которого сдерживает чаще всего лишь страх мести, поскольку нередко сами власти, в том числе силы поддержания правопорядка — МВД и даже в ряде случаев столь мощный оплот режима, как КГБ, солидаризируются с национальными движениями. Около 35 районов страны стали и могут стать в любой момент предметом жестоких территориальных споров между этническими группами. В некоторых из них уже идет настоящая гражданская война (Нагорный Карабах, Южная Осетия).

Это дает повод для мрачных прогнозов о неизбежном и скором распаде «советской империи». Тот *же З. Бжезинский, например, предсказывает* «балканизацию» Восточной Европы и «ливанизацию» СССР*. А историк Ю. Афанасьев на страницах журнала «Time», посвященного «советской деюнионизации», высказывает точку зрения, что «СССР не является ни страной, ни государством. Обозначенная таковым на картах евразийская территория представляет собою целый мир миров, состоящих из разных культур и цивилизаций... и СССР как страна не имеет будущего»**. Однако рассмотрим более конкретные варианты развития ситуации.

Первый вариант: Советский Союз в будущем видится как союз суверенных республик с системой внутренних региональных автономий в ряде из них и прежде всего в РСФСР. У этой формулы, пожалуй, больше всего сторонников, хотя понимание ее очень различно. Для правящего Центра и прежде всего для М. С. Горбачева, а также для многих партийных и государственных лидеров ряда союзных республик и многих автономий обновленный союз представляется в рамках длительно господствовавшей концепции федеративного государственного устройства. Это должна быть федерация, «наполненная новым

* Z. Bzzezinski. Op. cit., p. 1

** Time. March 12, 1990, p. 52.

содержанием», на новой договорной основе. Хотя принятая еще в 1989 г. Платформа ЦК КПСС «Национальная политика партии в современных условиях» предусматривала незыблемость сделанного в 1922 г. выбора и ограничивалась формулой об «открытости договора».

Идеологической основой платформы компартии в этом вопросе остается принцип самоопределения наций вплоть до отделения. В то же время в программном заявлении XXVIII съезда КПСС говорится, что «исходя из интересов самих народов и тенденции мировых процессов к интеграции, важно сохранить целостность обновленного Союза как динамичного многонационального государства».*

Эта формула получила мощный вызов и коррективу в ходе процесса «суверенизации» и формирования новых органов власти в республиках в 1990 г., а также налаживания прямых горизонтальных связей и договоров между рядом союзных республик. Новые республиканские парламенты и лидеры национальных движений не хотят перестраивать федерацию по формуле «15+1», т. е. сохранять «сильный центр», как это было заложено в проекте нового Союзного договора, предложенного Кремлем летом 1990 г. для переговоров с представителями республик. Компромисс здесь достигается с огромным трудом, ибо в самой концепции заключено базовое противоречие: как можно сохранить единое, динамичное государство, состоящее из полностью суверенных государств, каковыми провозглашены и признаны Центром союзные республики? Однако М. С. Горбачев, выдвинув идею референдума, продолжает считать, что последний даст дополнительную возможность «смело идти к Союзу, в котором были бы сильные республики и сильный Центр»**. Представляется, что эта смелость не учитывает не только тенденцию к сецессии, но и необратимые процессы автономизации и регионального самоуправления, которые в изнурительной борьбе будут тщетно сдерживать «сильный центр».

Второй вариант перестройки Союза, предложенный первоначально Прибалтийскими республиками, а затем поддержанный многими на Украине, в Грузии и Армении — это независимость или полный суверенитет республик, составляющих объединение государств наподобие ООН или Европейского сообщества.

---

* Правда. — 1990. — 15 июля.

** Известия. — 1991. — 28 февраля.

Фактически этот вариант является не реформой прежней федерации, а ее упразднением и возможным созданием нового, пока во многом в гипотетической форме государственного объединения. Этот вариант имеет все законные основания для его осуществления, прежде всего исходя из общедемократического и широко признанного в мире права на самоопределение. Но есть по крайней мере два очень важных обстоятельства, которые недостаточно учитываются противостоящими сторонами.

Во-первых, закрепленное во многих международных правовых документах и уже осуществленное неоднократно в исторической практике право на самоопределение — это право не наций как этнических общностей (а именно так оно понимается до сих пор как нашими союзными законодателями и учеными-обществоведами, так и сторонниками самоопределения в республиках), а право гражданских сообществ или народа в более широком понимании последнего слова, чем этническая общность.

Другими словами, самоопределяться реально могут не эстонцы и «эстонская нация», не литовцы и «литовская нация», не грузины и «грузинская нация», а народ Эстонии, народ Литвы и народ Грузии, что, естественно, не одно и то же. Хотя, безусловно, большинство и даже подавляющее большинство населения самоопределяющихся образований могут и, видимо, должны составлять представители той национальности, что прежде всего обеспечивает культурную основу и отличительность нового образования. Но это условие исторически не является обязательным. Именно на такой общегражданской основе самоопределялся в XVIII в. народ Франции, в составе которого были различные этнические группы (кроме собственно французов, бретонцы, эльзасцы, корсиканцы, каталонцы, валлоны, баски, фламандцы), а также многона*циональное* население североамериканских колоний Англии, образовавшее Соединенные Штаты Америки. На этой же основе самоопределились в XIX в. в виде самостоятельных государств многие народы Европы, Латинской Америки, а в XX в. — ряд народов Азии и Африки.

Во-вторых, вопрос о самоопределении не может быть компетенцией только органов власти республик. В современных условиях он должен решаться на широкой демократической основе путем, как правило, всеобщих референдумов граждан самоопределяющихся территорий. Иногда в референдумах участвует

все население государства, из состава которого предполагается выделить новое образование или внутри которого создается новая автономия. Грамотно и демократично проведенный референдум — это высшая форма волеизъявления, которая должна признаваться любыми властями и международным сообществом. Скорее всего именно этим путем, а не восстановлением старых легитимностей (до 1918 г. — Украина, до 1921 г. — Грузия и Армения, до 1940 г. — Прибалтика), возможно решение вопроса о выходе из Союза и о новом вхождении в него ряда республик.

Наконец, до сих пор ни ученые, ни сами участники драмы не смогли дать четкий ответ, как должен решаться вопрос о самоопределении этнических анклавов. Можно с уверенностью прогнозировать, что многие так наз. меньшинства не пойдут по пути сецессии и не смирятся с тем, чтобы их судьбу решали сторонники «единых и неделимых» Молдовы, Украины, Грузии и т. д.

Третий вариант реформы федерации просматривается, хотя и не в очень проработанном виде, во взглядах и платформах леворадикальных демократических сил Центра. В виде своеобразного идеального плана он наиболее полно изложен в проекте академика А. Д. Сахарова — «Конституции Союза Советских Республик Европы и Азии». Более лаконичное отражение он находил в программных документах межрегиональной депутатской группы и в «Демократической платформе КПСС», а затем во взглядах сторонников «Демократической России».

А. Д. Сахаров, будучи последовательным сторонником демократии и прав личности, на наш взгляд, не смог преодолеть ряда глубинных противоречий в своем видении будущего Союза. С одной стороны, в первой статье проекта Конституции Союз определяется как «добровольное объединение суверенных республик (государств) Европы и Азии». С другой — во второй статье есть понятие «народа Союза Советских Республик Европы и Азии», то есть «советского народа», а также понятие «граждан страны», которые в ее пределах имеют свободу передвижения, выбора места проживания и другие равные гражданские права.

Признавая, что «основополагающим и приоритетным правом каждой нации и республики является право на самоопределение», А. Д. Сахаров как бы идентифицирует два абсолютно разных понятия — «нация» и «республика», не давая тем самым ответа на

ключевой вопрос: кто же имеет право на самоопределение — казахи или население Казахстана, латыши или население Латвии? Тем более что в этом же тексте говорится о проживающих на территории республики «нациях (народах)», которые являются собственниками земли, ее недр и водных ресурсов республики.

Таким образом, мы имеем все то же, что в первом и втором вариантах, смешение или подмену понятий этнических и государственных, этнических общностей и республиканских образований.

Основная идея этого варианта состоит в осуществлении все того же права наций на самоопределение, которое необходимо последовательно распространить на все народы Советского Союза. Они должны обрести абсолютно одинаковый статус союзных республик, упразднив тем самым существующую иерархию национально-государственных образований.

Понимая всю невозможность существования государства из более чем 100 союзных республик, сторонники этого варианта ограничивают число национально-государственных образований 53, то есть нынешним числом республик, автономных областей и округов. А что же делать другим народам, желающим обрести свою государственность или отделиться от дуальных образований?

Уже в самое последнее время появился еще один вариант «обустройства России», предложенный нашим соотечественником писателем А. И. Солженицыным. Его суть достаточно проста — «отпустить на волю» все республики, кроме трех, и на основе восточнославянской культурной общности (русские, украинцы и белорусы) воссоздать новое российское (Русское) государство в территориальных пределах нынешних РСФСР, Украины, Белоруссии и Северного Казахстана. Отвлекаясь от принципов общественного устройства этого нового образования, предлагаемых автором проекта (соборность вместо принципов западной демократии, сильная личная власть Президента, наподобие монархии и т. п.), можно вполне определенно сказать, что вариант Солженицына не может быть принят (а значит и осуществим) представителями нерусских народов, проживающих в РСФСР, а уж тем более украинцами, история борьбы которых за самостоятельную государственность имеет вековые корни и сегодня вступила, возможно, в решающую фазу. По сути, это все тот же вариант сохранения «единого и неделимого» великого государства через «сильный Центр», выполняющий русское культурное начало.

* * *

На наш взгляд, возможный выбор и направления действий могут быть сформулированы в следующих тезисах.

Учитывая сохраняющуюся социально-политическую неоднородность мира, опасное военно-стратегическое противостояние крупных держав, а также мировые тенденции экономической и политической интеграции, установка на сохранение целостности Союза на основах его федеративного (или, частично, конфедеративного) устройства вполне исторически оправданна и не является аномалией в отличие от исторической ситуации начала XX в. Поражение реформ и возврат к более репрессивной и авторитарной форме политического правления, включая подавление национальных движений, могут вызвать всеобщий экономический и политический хаос в стране и даже гражданскую войну.

Сами народы должны сделать выбор в пользу обновленной федерации, предпочтя ей другие варианты развития. И в этой связи необходимо было бы объявить о полной открытости Союза вплоть до возможности выхода из него ряда сообществ и заключения нового договора об условиях вхождения в него всех существующих и способных возникнуть государственных образований.

Как бы ни было трудно преодолеть утвердившиеся штампы массового сознания, важно отказаться от попыток абсолютизировать принцип национальной государственности, означающий неминуемое размежевание народов по своим национальным «квартирам». Принцип «один народ — одно государство» невозможно осуществить в нашей многонациональной федерации, как и невозможно осуществить административно-государственное деление по этническим границам, разделить территории между народами, а сами народы на коренные и некоренные. Сама по себе государственность не может обеспечить хозяйственного преуспеяния, необходимых социально-культурных благ, политических прав и демократических свобод, но при правильной организации она создает для них предпосылки.

Реформы в сфере межнациональных отношений и государственного устройства надо, по нашему мнению, осуществить в следующих направлениях.

Первое — это расширение гражданских прав и волеизъявления, включая полную свободу выбора в во-

просах индивидуального национального самоопределения. Государство должно отказаться от практики официальной фиксации национальности в каких-либо, в том числе в паспортной, формах. Это наследие сталинизма только разъединяет советских людей, ставит в трудное положение миллионы граждан смешанного происхождения, препятствует естественным процессам сближения людей и взаимодействия культур. Государство не должно допускать существования какихлибо правовых норм и законов, исходящих из национальной принадлежности граждан. Этническое право изначально заключает в себе элементы социального расизма. Правовые нормы и законы могут учитывать культурные традиции и интересы населения республик, территорий, регионов, но должны распространяться на всех граждан, в них проживающих, и приниматься с их волеизъявления демократическим путем.

Второе — это расширение прав в области национально-культурной автономии с предоставлением возможностей для всех компактно проживающих групп населения, городских общин и лиц любой национальности создавать свои ассоциации, любые общественные, религиозные, образовательные, политические, деловые организации и институты. Этот процесс не должен определяться и контролироваться сверху. Каждая община, малый или большой народ имеют одинаковое право на свои формы хозяйственной организации, включая любые корпоративные институты, на свои культурные центры, школы, печатные издания, другие средства массовой коммуникации, культовые сооружения и ритуалы. Государство может и должно содействовать процессам национально-культурного выражения и самоорганизации.

Третье — это реформа государственного устройства федерации с упразднением иерархии национально-государственных образований и одновременным расширением их суверенитета. Целесообразно сохранить только один или два типа административно-государственных образований, резко сблизив их права и устранив соподчиненность. Некоторые искусственные образования могут быть ликвидированы. Но зато необходимо предусмотреть возможность новых региональных самоопределяющихся и самоуправляемых образований, особенно в России.

Те самые «удельные княжества», которыми пугает теряющий силу Центр, и есть наиболее перспективный путь сохранения столь крупного государства.

К тому же региональные автономии не только лучше наладят хозяйственную жизнь, но и снизят исключительность статуса основанных на этническом принципе территориальных образований.

Четвертое — это меры по обеспечению специфических интересов малочисленных народов Севера и Сибири. Вместо изживших себя автономных округов, где эти народы составляют от 1,5 до 10% населения, надо определить с участием самих этих народов территории их современного расселения и использования традиционных хозяйственных форм и закрепить на этих территориях исключительные права на возобновляемые и частично невозобновляемые ресурсы. Должны быть предусмотрены компенсации за нанесенный ущерб со стороны хозяйственных органов в пользу жителей территорий. Формы самоуправления на них должны определяться самими народами с их закреплением общесоюзным актом и с подчиненностью союзным органам. Любая хозяйственная деятельность на этих территориях может осуществляться только с согласия общинных органов власти.

Пятое — необходимо, наконец, практически устранить допущенные несправедливости в отношении депортированных народов, предоставив им право свободного выбора мест проживания и форм самоорганизации. Государство должно возместить по возможности нанесенный ущерб. В равной мере право на возмещение со стороны хозяйственных ведомств имеют народы, понесшие ущерб от неразумного хозяйствования и использования природных ресурсов.

* * *

Всякая «социальная инженерия», которая до сих пор живет в умах ученых и политиков под видом «научного руководства обществом», есть не что иное как порожденная тоталитарной утопией надменная претензия обращаться с человеком и с обществом как с материалом, из которого можно постоянно что-то строить, обустраивать и перестраивать. Любые варианты и прогнозы, исходящие из кремлевского кабинета, вермонтского особняка или с университетских кафедр, ровным счетом ничего не стоят, если они не учитывают доказанную историей способность личности и общества к самоорганизации и саморегулированию основ своей социальной жизни.

Древняя китайская мудрость не без иронии гласит: «Трудно предсказывать, особенно будущее». Тем не менее прогнозы ученых нередко оправдываются. Так, можно полагать, что перспектива социального развития человеческого сообщества любого масштаба будет в значительной степени определяться состоянием межнациональных отношений. Проявляясь бурно, казалось бы, хаотично, они тем не менее подчиняются строгим психологическим закономерностям



Петр Николаевич Шихирев —

кандидат философских наук, с 1966 г. занимается исследованиями в области социальной психологии, заведующий лабораторией психологии межгрупповых отношений Института психологии АН СССР. Основные объекты исследования: психологические аспекты социального процесса, проблемы теории и методологии, социальная патология, межнациональные отношения, социальные конфликты. Автор монографий «Современная социальная психология в США», «Современная социальная психология в Западной Европе» и других, а также статей по названным выше проблемам в журналах «Вопросы философии», «Психологический журнал», «Вопросы психологии», различных сборниках и коллективных монографиях.

Если разжать кулак...
(межнациональные отношения: прогноз психолога)

Обострение межнациональных отношений — одна из наиболее отличительных черт 90-х годов нашего века. В США и Канаде, Индии и СССР разгораются социальные конфликты, имеющие ярко выраженный этнокультурный характер. При этом повсюду можно наблюдать ситуацию, напоминающую кошмарный сон Родиона Раскольникова: «...Появились какие-то новые трихины, существа микроскопические, вселяв-

шиеся в тела людей. Но эти существа были духи, одаренные умом и волей. Люди, принявшие их в себя, становились тотчас же бесноватыми и сумасшедшими. Но никогда, никогда люди не считали себя так умными и непоколебимыми в истине, как считали зараженные. Никогда не считали непоколебимее своих приговоров, своих научных выводов, своих нравственных убеждений и верований. Целые селения, целые города и народы заражались и сумасшествовали. Все были в тревоге и не понимали друг друга, всякий думал, что в нем одном и заключается истина, и мучился, глядя на других, бил себя в грудь и ломал себе руки»*.

Требуется социально-психологический подход, чтобы исследовать, как социальная реальность отражается в индивидуальном и групповом сознании и как формируемый вследствие этого образ регулирует восприятие, поведение человека, его отношение к действительности. Рассмотрим с этой точки зрения те условия, которые определяют и объясняют поразительную порой слепоту человека, не замечающего очевидных фактов, нежелание прислушаться к убедительным аргументам, иррациональность и чрезмерную эмоциональность поведения. Затем на основании полученных выводов попробуем представить возможные варианты развития межнациональных отношений.

Пытаться объяснить психологические явления из них самих — занятие бесперспективное. В этом случае можно получить лишь один, весьма банальный вывод: так всегда было и так всегда будет, поскольку вечно деление на «мы» и «они», на «своих» и «чужих» по принципу принадлежности к расе, этносу, племени, роду. К тому же история насыщена фактами, свидетельствующими не только о конфликтности и противостоянии этнических общностей, но и об их сотрудничестве. Этнические барьеры исчезали, как только появлялись общий враг, общее дело, общая цель. А это значит, что, помимо биологических, существуют еще какие-то, более фундаментальные закономерности развития человечества, которые пробивают себе дорогу сквозь толщу исторических коллизий и катаклизмов. Главную из этих закономерностей наш великий соотечественник В. И. Вернадский определил как «закон единения человечества», приравняв его к законам природы. Еще раньше этот же закон

* Достоевский Ф. М. Преступление и наказание. — М.: Правда, 1988. — С. 457.

как перспектива развития человечества был сформулирован в великих мировых религиях: буддизме и христианстве. Историческая драма, участниками и свидетелями которой мы являемся, — очередной этап превращения отдельных человеческих сообществ в единый субъект — человечество. С философской точки зрения этот процесс развивается как разрешение диалектического противоречия между двумя его противоположными и взаимодополняющими сторонами — дифференциацией и интеграцией.

Взять хотя бы сферу материально-технического развития. С одной стороны, в мире все глубже становится разделение труда, его специализация по странам и регионам, с другой — идет унификация технологии, повсеместно принимаются единые стандарты. Яркий пример тому — готовящийся переход англоязычных стран на метрическую систему. Однако с психологической точки зрения любопытно, что в тех странах, где импорт японских товаров достиг весьма значительных размеров, не слышно возражений против этих товаров как таковых, зато ширятся протесты против угрозы не только подпасть под японское экономическое давление, но и лишиться в итоге возможности независимо, самостоятельно решать свою судьбу. Благо материальное сталкивается здесь с благом морально-психологическим. Обычно подобный конфликт фиксируется в лозунгах типа «Лучше умереть стоя, чем жить на коленях», «Социализм или смерть».

В таких случаях материальное благо отрицается во имя психологического блага чувствовать себя субъектом (хозяином) своей судьбы. Отсюда стремление считать свое решение единственно правильным, отождествление его со своим достоинством, своей судьбой. Ведь если человек выполняет решение другого, он тем самым психологически принадлежит чужому решению и, хотя бы косвенно, этому другому человеку. *Делая выбор между самостоятельностью и подчинением* в пользу первой, человек осознает свою сущность, чувствует себя человеком, то есть свободным субъектом. Более того, он готов даже платить за последствия своего решения. Эта идея сформулирована устами Сатина в пьесе Горького «На дне»: «Человек за все платит сам, и потому он свободен». О том, что такая своеобразная психо-логика существует и неотвратимо действует, свидетельствуют многочисленные исследования в общей, педагогической, социальной психологии. В них проанализировано то, что в повседневной жизни известно как «дух противоречия». В

основе различных проявлений этого феномена стремление быть творцом своей судьбы. Не у всех и не всегда оно одинаково сильно, но имеется у всех людей. По существу, это выражение фундаментальной тенденции развития жизни: возрастание (по мере эволюции) автономности сменяющих друг друга форм жизни. Так, растение более «свободно», чем минерал, насекомое — чем растение, человек — чем животное. Но одновременно диалектически возрастает взаимозависимость отдельных особей. Поэтому нравственный закон, о котором говорит Толстой*, есть не что иное, как действие этой объективной, то есть принудительной, императивной закономерности.

Если бы вследствие какого-то чуда все люди вдруг признали и осознали этот закон, к чему веками призывают мировые религии, то, несомненно, колоссальное количество проблем исчезло бы. Но чудес не бывает. Есть мучительный, долгий и кровавый процесс прозрения, самопознания и самовоспитания человечества. Идет процесс объективной этизации человечества, его моральное воспитание.

Современный всплеск тяги к чудесам, ожидание конца света или начала завоевания Земли пришельцами вскрывают еще одну сторону процесса интеграции. Несмотря на различное видение одной и той же ситуации, обусловленное различием потребностей, целей, индивиды и группы тем не менее как-то взаимодействуют, организуются. Существует несколько вариантов этой организации: подчинить другого (других) своему решению; признать решение другого (других); принять совместное, общее решение и, наконец, подчиниться решению третьей стороны. Первый и второй варианты — путь насилия, третий — путь демократии, четвертый вариант — путь признания нравственного закона, выполняющего функцию третейского судьи. В целом этот закон должен заменить то третье, что обычно снимает противоречия любого характера, в том числе и этнические. Из кон-

---

* «...только кажется, что человечество занято торговлей, договорами, войнами, науками, искусствами; одно дело только для него важно, и одно только дело оно делает — оно уясняет себе те нравственные законы, которыми оно живет. Нравственные законы уже есть, человечество только уясняет их себе, и уяснение это кажется неважным и незаметным для того, кому не нужен нравственный закон, кто не хочет жить им» (Толстой Л. Н. Собр. соч. в 22 т., т. 16. — С. 210).

кретных исследований известно, что межнациональные отношения тем свободнее от напряженности, чем больше они регулируются общей целью или в крайнем случае признанной конфликтующими участниками третьей инстанцией, стоящей над конфликтом.

Готовность признать, что пришельцы, наподобие варягов, могут выполнить функцию третьей силы, сплотить человечество, отражает сознательное или неосознанное стремление найти точку отсчета и критерий расчета за собственное, суверенное решение. Эта точка определяет психологические координаты чувства справедливости, которое в интегральной форме подводит баланс «расходов» и «доходов», как своих собственных, так и партнеров по взаимодействию.

Отметим, что моральное чувство справедливости обмена имманентно присуще человеку не только при ретроспективной, но и при перспективной оценке. В социально-психологических исследованиях совместной деятельности был выявлен феномен, получивший название «прогноз участия». Он характеризуется, в частности для производственной бригады, как «...оценка вероятности благоприятного или неблагоприятного исхода участия в кооперации для отдельного члена бригады при его добросовестном отношении к своим обязанностям и направленности на достижение коллективного успеха...Поэтому прогноз участия для члена бригады зависит от уверенности в том, что партнер по кооперации действительно активен настолько, насколько этого требует общее коллективное задание.

Прогноз участия детерминирован оценкой партнеров по координации. Позитивность прогноза участия субъективно увеличивается для члена бригады, если он доверяет партнерам»*.

Таким образом, и при постановке цели, и по ее достижении чувство собственной правоты, правильности своего поведения и поведения партнеров по взаимодействию оказывается тесно связанным с упомянутыми выше закономерностями: стремлением к автономности решения, готовностью поступиться материальными благами ради оправдания морального выбора.

Этот сложный комплекс моральных и психоло-

* Мингалеева Г. А., Шихирев П. Н. Групповые установки в совместной деятельности производственных бригад // В кн.: Социально-психологические проблемы бригадной формы организации труда. — М.: Наука. — 1987. — С. 111.

гических закономерностей определяет главную психологическую составляющую любого человеческого действия — субъективный его смысл, значимость, а говоря проще — ответ на вопрос: «Для чего?» (действовать и взаимодействовать). Лишь потом возникает вопрос: «Как?» (достичь цели, ради которой осуществляется взаимодействие).

Такова общая психо-логика социального процесса. Именно она определяет общечеловеческое содержание межнациональных отношений, специфика которых столь ярка, что скрывает это содержание от не посвященных в психологические тонкости.

* * *

Приведенные выше соображения могут показаться слишком абстрактными и даже ненужными, если не показать их значение для анализа современной ситуации. Тот психологический фон, который формирует ныне межнациональные отношения в нашей стране, характеризуется следующими чертами. Убеждение в том, что благосостояние региона, этноса не связано с благосостоянием Союза в целом, что некомпетентность Центра в сфере экономики — основная причина экономической бесхозяйственности, приводит к мысли о необходимости построения экономически благополучного общества «в отдельно взятой республике».

Трудности перестройки, отсутствие заметных перемен, рецидивы старых способов решения новых проблем привели к разочарованию в возможности улучшения жизни путем реформ сверху, чем объективно побудили отдельные регионы к самостоятельным и неотложным действиям.

Общая нехватка ресурсов выдвинула на первый план проблему социальной справедливости в их распределении, обострила такие психологические процессы, когда сравнивается своя позиция с позициями других этносов, стимулировала потребность в оценке своего и других вкладов в экономику, политику и культуру Союза. В такой ситуации приверженность своим интересам резко возрастает. Одновременно обостряется оценка справедливости или несправедливости обмена с другими республиками и Центром*.

Усиливается чувство территориальности, посколь-

---

* В проведенных социологических опросах от 30 до 50% респондентов полагают, что тот регион, где они проживают, отдает больше, чем получает. — *Авт.*

ку земля и ее недра теперь рассматриваются именно как свои, а не общие (до «ничейности»), как источник реального блага.

Обостряется чувство хозяина, и поэтому указания «извне» воспринимаются как посягательство на право принимать автономные решения, вызывают дух противоречия.

Демократизация, политизация социального процесса в условиях гласности способствуют росту этнического, национального сознания, повышенному стремлению к самостоятельным решениям.

В условиях девальвации не оправдавших себя целей и идеалов, снижения чувства внешней опасности, размывания образа «классового врага» в лице капитализма национальные этнические цели и идеалы становятся мощными социально-психологическими регуляторами. Их значение возрастает благодаря духовному раскрепощению людей, обнародованию все новых фактов извращений в области национальной политики, имевших место в недалеком прошлом.

Оживляется действие этнических стереотипов, которые создают мощный эмоциональный накал и чаще всего блокируют (особенно в массовых действиях) рациональные аргументы. Усиливается поляризация социальных групп по этническому признаку.

Мы не касаемся конкретного механизма подобных конфликтов, роли мафиозных, коррумпированных, уголовных и иных элементов в разжигании розни, приводящей порой к трагическим последствиям. Речь идет, повторим, о психологическом фоне, который создает предпосылки для подобных ситуаций.

В межнациональном конфликте возрастает эффект зеркального отражения, то есть взаимное обвинение в одних и тех же грехах.

Конфликтная ситуация ведет к утрате доверия, усилению подозрительности к аргументам другой стороны и, напротив, росту доверия к любым слухам, подтверждающим желаемое представление о себе и своей позиции. Возрастает так называемая атрибутивная ошибка: свои достижения приписываются личным усилиям и качествам, а неудачи — чужим проискам; напротив, чужие успехи объясняются внешней помощью или покровительством, а чужие неудачи — свойствами и просчетами неудачника.

Важно подчеркнуть, что действие названных закономерностей усиливается прямо пропорционально фазе развития конфликта (степени конфликтности) и обратно пропорционально объективности, а глав-

ное — полноте, разносторонности информации о конфликте и целях сторон. С этой точки зрения средства массовой информации своей деятельностью принесли больше вреда, чем пользы.

Итак, экологическое неблагополучие, кризисные явления в сфере экономики, культуры, морали изрядно подорвали уверенность в том, что все остальные (коллективы, республики) трудятся добросовестно на общее благо, что общий доход распределяется разумно, компетентно и справедливо. В подобной ситуации социального неблагополучия с неясной перспективой у человека обычно существуют две основные стратегии улучшения своего положения. Одна из них, индивидуальная, предполагает решение собственными усилиями, например, уехать в поисках более благоприятной экологической, экономической и т. п. обстановки, начать воровать и т. д. Другая — коллективная, групповая — обычно выбирается, когда индивидуальный выход по каким-либо причинам невозможен, и поправить свое положение можно только вместе с теми, кто находится в той же ситуации. Напомним, что идея пролетарской солидарности так и возникла: по причине безысходности индивидуальной и перспективности коллективной стратегии.

Если же выделить основные моменты объединения по этническому признаку, то они сводятся к следующим: защите территории и соответственно возрождению чувства территориальности; предпочтению «своих» (соплеменников, соотечественников) другим, пришлым, некоренным и в то же время усилению чувств национальной солидарности и вражды (в крайних случаях — непримиримой) к иноплеменникам; наконец, требованиям о перераспределении дохода и отсюда — обострению чувства справедливости при принятии решений о распределении. Все эти признаки обладают одним общим преимуществом для массового сознания: наглядностью, самоочевидностью действительной общности языка, истории, культуры, внешности по сравнению с иными: языком, историей и т. п. Если учесть, что территориальность, предпочтение своего вида, распределение ресурсов — три базовых социобиологических фактора, действующих уже в развитых животных сообществах, то станет понятной их связь с какими-то глубинными, доисторическими, архетипными образованиями.

Как бы то ни было, но действие всех перечисленных выше факторов на общем фоне социальных реформ ведет к изменению (хотя бы и воображае-

мому) позиций власти и подчинения в общей, доселе ясной иерархической структуре. Неудивительно поэтому, что сомнению могут подвергаться ранее неколебимые положения, тезисы о русском народе как «первом среди равных», о благе, приносимом «старшим братом», поскольку порой он «приносит» и экологическое бедствие; во всяком случае, именно его образ ассоциируется с транснациональными ведомствами. Поэтому все чаще раздаются призывы перенести экологически вредные производства «к себе, в Россию». Ассоциация с «имперской» властью может быть усилена и в результате введения в республики войск, состоящих, как правило, из представителей славян.

Нарисованная выше тревожная картина отнюдь не плод одного лишь теоретического, а тем более «воспаленного» воображения. Она опирается на личные впечатления автора от посещения нескольких республик, на информацию, полученную от обществоведов, как московских, так и из республик, наконец, на данные эмпирических исследований.

* * *

Попытаемся теперь дать прогноз развития межнациональных отношений с учетом упомянутой китайской поговорки. С психологической точки зрения развитие событий в сфере межнациональных отношений, их вариативность будут определяться, на наш взгляд, степенью добровольности при выборе новых, общих целей, интенсивностью веры в их реалистичность и мерой доверия к партнерам по Союзу.

Сквозным, системообразующим качеством межнациональных отношений все в большей степени будет их нравственность или соответствие тому закону, о котором говорил Толстой. Говоря конкретнее, речь идет о степени готовности к разрешению противоречий и конфликтов ненасильственными (или, напротив, насильственными) методами. Подлинная новизна мышления измеряется способностью не на словах, а на деле отказаться от исторически изживших себя, силовых способов решения проблем. Для этого порой будет необходимо преодолевать почти генетически укоренившиеся инстинкты сохранения приобретенных когда-то позиций. Поясним это на примере одной яркой метафоры. Существует такой способ ловли обезьян. В пустой кувшин с узким горлом помещают орех. Когда подвешенный кувшин качается от ветра,

орех своим стуком привлекает обезьяну, она засовывает лапу в кувшин, хватает орех и не может вытащить лапу, потому что кулак с зажатым в руке орехом не пролезает через горло кувшина. Чтобы освободиться, обезьяна должна выпустить орех, разжать ладонь. Но как раз этого она сделать не в состоянии, поскольку стяжательский инстинкт оказывается сильнее. Обезьяну «ловит» ее собственный инстинкт.

Применяя эту метафору, можно сказать, что будущее Союза зависит от того, насколько инстанции, принимающие решения, смогут преодолеть традиционные, почти инстинктивные импульсы: удержать, не позволить, воспрепятствовать развитию объективной тенденции к автономизации. Трудно осознать, что необходимо «разжать кулак», чтобы преобразовать Союз и на иной, добровольной основе создать качественно новую общность. До сих пор значительную регулирующую силу имеет образ огромного государства, сколь уникального, столь же и унитарного. Он-то и выполняет функцию инстинкта.

Еще раз подчеркнем, что возможный сценарий будущего развития зависит от того, в какой степени эта задача будет решаться мирным (или силовым) путем. Силой Союз без изменений сохранить уже нельзя, можно лишь продлить искусственно на непродолжительное время с колоссальными внутренними и внешними издержками. В этом случае интеграция нового социально-экономического сообщества отодвинется на неопределенный срок, пока не заживут психологические травмы, нанесенные насилием.

По второму варианту Союз в его теперешнем виде уступает место новому сообществу, которое сложится на основе реальных (оцениваемых как справедливые, взаимовыгодные) экономических, социокультурных, демократических по своему характеру отношений. Это будет новое сообщество независимых государственных образований, граждане которых в большинстве своем смогут ответить на смыслообразующий вопрос: «Для чего нужно объединение?» Это новое сообщество будет иметь исключительно разнообразные внутренние связи: по типам федерации, конфедерации и другим, о которых можно только догадываться.

Для того чтобы двигаться вперед по этому сценарию, необходимо прислушаться к следующим рекомендациям.

Доказать выгоды объединения. Сделать гласными данные о состоянии эквивалентности обмена между республиками, между республиками и Центром. Как

можно меньше навязывать решение извне. Как можно раньше делать гласным, открытым для обсуждения любой спорный вопрос. Избегать стандартизации решений, поскольку каждая ситуация конкретна и многопрофильна. Прибегать к силовым решениям как чрезвычайно редким исключениям, имея в виду их потенциально обратный эффект. Разработать процедуры выхода из конфликта без «потери лица» и без ущерба для чувства национального достоинства. Акцент в процедуре сделать на конструктивности, реалистичности, на перспективе, а не на ретроспективе, на кооперации, а не на конфронтации. Выдвинуть цели и идеалы, обладающие эмоциональной побудительной силой и основанные на общечеловеческих ценностях, на потребности в объединении для выживания перед лицом глобальных опасностей.

Словом, думать о том, как воспринимаются предлагаемые решения в реальных условиях нашей жизни, какой психологический фон они создают.

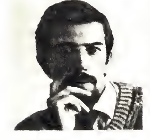
* * *

Послесловие к прогнозу (сделано в корректуре). Уже сейчас, в декабре 1990 г. можно утверждать, что налицо переход к качественно новому государственно-территориальному образованию, осуществить который важно с наименьшими издержками. Межнациональные ранее отношения быстро трансформируются в отношения межгосударственные, что, естественно, не исключает споров или конфликтных ситуаций. Здесь весьма ценным может оказаться собственный опыт международных отношений, перестроенных на основе нового мышления: переговоры, посредничество, «челночная» и народная дипломатия, а также знания и опыт в разрешении межличностных и межгрупповых, межэтнических и межгосударственных конфликтов, накопленные социальной психологией в США и Западной Европе. Настало время, когда незнание закономерностей, регулирующих поведение людей во время разрешения конфликтов, может обойтись значительно дороже любых расходов на подготовку квалифицированных специалистов по ведению переговоров. Важно понять, что ныне мы имеем дело с беспрецедентным историческим процессом, который может либо отбросить народы нашей страны на столетие назад, либо продемонстрировать миру новые возможности человечества.

Нередко задают вопрос: «А зачем моделировать исторический процесс? Ведь события уже произошли, уже ничего не поправишь и не изменишь, рекомендации не дашь. Если мы смоделируем восстание Спартака, оно, к сожалению, все равно не закончится победой...» Да, это так, но мы лучше поймем, почему Спартак потерпел поражение. Моделирование в истории создает новые возможности для познания закономерностей исторического процесса



Иван Дмитриевич Ковальченко —
историк, академик-секретарь Отделения истории АН СССР, профессор, заведующий кафедрой источниковедения истории СССР исторического факультета МГУ, председатель Комиссии АН СССР по применению математических методов и ЭВМ в исторических исследованиях. Лауреат Государственной премии СССР, автор 200 работ, в том числе 5 монографий.



Леонид Иосифович Бородкин —
специалист по применению математических методов и ЭВМ в исторических исследованиях, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник исторического факультета МГУ. Автор около 100 работ, в том числе монографии.

«Машина времени» или метод познания?

«Гуманитарная наука... тогда только будет удовлетворять человеческую мысль, когда в движении своем она встретится с точными науками и пойдет с ними рядом». — Один из героев А. П. Чехова, высказавший эту бесспорно замечательную мысль, сомневался, правда, что такая «встреча» может произойти раньше, чем

«земля покроется ледяной коркой». Однако уже сейчас мы стали ее свидетелями.

Процесс проникновения математических методов в другие науки затронул в начале 1960-х годов и историческую науку. Он был вызван необходимостью привлекать для исследований все больший объем фактических данных, вводить в научный оборот новые документы и материалы, повышать информативную отдачу всех видов источников. Эти задачи становятся особенно актуальными в последнее время в связи с тем, что историки все более широко обращаются к массовым источникам, характеризующим массовые явления и процессы исторического развития.

В то же время появление ЭВМ, разработка новых методов прикладной математики открыли перед историками возможности постановки и решения новых исследовательских задач.

За 30 лет, прошедших со времени выхода в свет первых работ советских историков, использующих точные методы и ЭВМ, клиометрика («клио» — муза истории) доказала в нашей стране свою дееспособность, оформилась организационно: созданы и активно работают исследовательские лаборатории в вузах и академических институтах, при Отделении истории АН СССР действует Комиссия по применению математических методов и ЭВМ в исторических исследованиях, по инициативе которой регулярно издаются сборники статей, организуются всесоюзные конференции и международные симпозиумы и т. д. Однако дает ли это основание говорить о появлении «математической истории» по аналогии, например, с математической физикой? Думается, нет.

Действительно, опыт математизации научного знания свидетельствует, что можно указать три этапа внедрения математических методов в любую отрасль науки: 1) математико-статистическая обработка эмпирических данных и количественная формулировка качественно установленных факторов и обобщений; 2) разработка математических моделей явлений и процессов; 3) использование математического аппарата для построения и анализа конкретных научных теорий (математизация теории). В то время как в точных науках применяются все три формы математизации, науки описательные используют преимущественно первую из указанных выше форм. Но уже и на этом этапе историкам удалось открыть многое: кто был автором знаменитых писем Ивана Грозного князю Андрею Курбскому — сам царь или известный

полемист XVI века Иван Пересветов; каким было соотношение двух путей аграрной эволюции (прусского и американского) в России в конце XIX — начале XX века; как изменялся состав съездов Советов в 20—30-е годы и др. Для решения этих и иных проблем советские клиометристы применяли целый спектр статистических методов.

Однако совершенствование методологии исторических исследований в 1980-е годы создало предпосылки для перехода ко второму этапу математизации — построению математических моделей исторических процессов и явлений. С новыми работами в этой области и, главное, их перспективами мы и хотим познакомить читателя.

* * *

Можно выделить два основных типа таких моделей: отражательно-измерительные и имитационные*. Создавая модели первого типа, мы познаем то, что было в действительности. Измерительное моделирование во всех его вариантах основано на выявлении и анализе статистических взаимосвязей в системе показателей, характеризующих изучаемый объект. Модели этого типа часто используются для обоснования содержательных гипотез**.

Гораздо менее апробированными в советской историографии являются имитационные модели. Им-то мы и хотим уделить основное внимание.

Как известно, при изучении современных социально-экономических процессов широкое распространение получили имитационно-прогностические модели, которые, заменяя собой объект познания, выступая его аналогом, позволяют имитировать, искусственно воспроизводить варианты его функционирования и развития. Тем самым они служат эффективным средством решения многочисленных задач, связанных с прогнозированием, управлением, планированием и т. д. Так, большой резонанс получили имитацион-

---

* Подробнее см.: Ковальченко И. Д. Методы исторического исследоваиия. — М.: Наука, 1987.

** См., например: Ковальченко И. Д., Милов Л. В. Всероссийский аграрный рынок. XVIII — начало XX века. Опыт количествениого аиализа. — М., 1974; Бородкин Л. И., Милов Л. В. Некоторые аспекты применения количественных методов и ЭВМ в изучении нарративных источников // Количественные методы в советской и америкаиской историографии. — М.: Наука, 1984.

ные модели глобального развития, разработанные Римским клубом.

Очевидно, что при изучении прошлого, когда исследователь имеет дело с уже совершившейся реальностью, имитационное моделирование отличается своей спецификой. Накопленный в советской и зарубежной историографии опыт позволяет выделить два типа имитационных моделей: имитационно-контрфактические и имитационно-альтернативные.

Модели первого типа получили распространение в основном в работах американских клиометристов. Суть подобного моделирования состоит в том, что историк, исходя из той или иной идеи, имитирует контрфактическую, то есть нереальную, ситуацию, строит ее модель и, сравнивая полученные конструкции с действительностью, заключает, «так» или «не так» шло историческое развитие. Иными словами, оно предстает не таким, каким было или могло быть в действительности, а таким, каким бы его хотел видеть историк. К оценке таких моделей вполне применим тот вывод, к которому пришел Г. В. Плеханов, рассматривая воззрения Н. К. Михайловского об историческом прогрессе: его формула прогресса «говорит не о том, как шла история, а о том, как она долж-

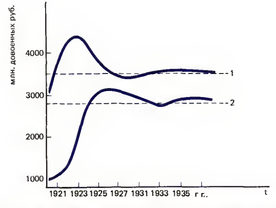


Рис. 1. Моделирование динамики объема промышленной и сельскохозяйственной продукции в условиях натурального обмена.

1 — сельскохозяйственная продукция; 2 — промышленная продукция

на была бы идти, чтобы заслужить одобрение г. Михайловского».

Но несостоятельность контрфактического моделирования, основанного на субъективизме, на произвольном перекраивании исторической реальности, вовсе не означает невозможности применения имитационного моделирования в исторических исследованиях. Все дело в том, чтобы эти модели характеризовали хотя и контрфактические, но объективно возможные состояния объекта. В этом случае при расчете значений интересующих исследователя показателей он всегда должен исходить из определенных, в той или иной мере вероятных и правомерных допущений. Их обоснование приобретает важнейшее значение.

Разработка новых методов математической статистики и имитационного моделирования расширяет возможности изучения альтернатив исторического развития. Так, использование уравнения множественной регрессии позволило построить имитационно-альтернативную модель для сравнительного изучения уровней развития производительных сил, соответствующих двум путям аграрной эволюции в России в конце XIX века — «прусскому» и «американскому», то есть буржуазно-консервативному, помещичьему и буржуазно-демократическому, крестьянскому*.

Справедливости ради следует отметить, что и в работах западных клиометристов, использующих контрфактическое моделирование, все заметнее проявляется тенденция к построению имитационных моделей объективно-возможных ситуаций. Жанр этих исследований все меньше напоминает машину времени, дающую ответ на произвольный вопрос: «что было бы, если бы...» Наиболее конструктивные из них ориентированы на обоснование той или иной гипотезы, объясняющей характер изучаемого процесса.

К их числу относится и работа американского историка О'Рурка, вызвавшая большой интерес участников II Международного конгресса по клиометрике (Испания, 1989). Он проанализировал причины известного феномена в истории Ирландии, когда ее население, увеличившееся с 4 миллионов в конце XVIII века до 8 миллионов в середине XIX века, затем вновь упало до 4 миллионов в конце XIX века. Традиционное объяснение такой необычной динами-

---

* Ковальченко И. Д. Методы исторического исследования. — М.: Наука, 1987. — С. 408—409.

ки связывалось с «полосой картофельного голода» 1845—1848 гг., приведшего к смерти более 1 миллиона ирландцев. Однако в последние два десятилетия преобладало другое объяснение этого феномена второй половины XIX века (наиболее ярко его выразил Р. Кротти): численность сельского населения Ирландии уменьшалась бы теми же темпами, даже если бы Великого Голода не было, поскольку все дело в неблагоприятных для Ирландии изменениях конъюнктуры на мировом рынке аграрной продукции, движении мировых цен в 1845—1876 годах и неизбежной перестройки структуры занятости сельского населения Ирландии.

Для проверки этой объясняющей гипотезы О'Рурк построил равновесную эконометрическую модель ирландского сельского хозяйства накануне Великого Голода. В качестве экзогенных (внешних) переменных в модели фигурируют цены на мясо и зерно, соответствующие реальной динамике второй половины XIX века. Модель учитывает 3 вида сельскохозяйственных угодий (пашня, пастбища и картофельные поля) и 4 фактора производства (рабочая сила, земля, капитал и накопления владельцев ферм). Модель показала, что в результате действия внешних факторов число занятых в сельском хозяйстве Ирландии к началу XX века могло вырасти не более чем на 18% или снизиться не более чем на 14%, в то время как на самом деле занятость сельского населения страны упала за эти полстолетия на 45%. Тем самым результаты моделирования отвергают новую гипотезу и могут рассматриваться как аргумент в пользу традиционного объяснения исторического феномена.

Использовавшийся при построении данной модели математический аппарат был «позаимствован» из арсенала матэкономики. Но в зависимости от специфики модели и характера имеющихся в источнике данных исследователем могут применяться методы теории случайных процессов, теории игр, дифференциальные уравнения. Главное при этом — стремиться к адекватности конструируемой математической модели, используя те средства прикладной математики, которые в наибольшей мере воспроизводят механизм функционирования изучаемого объекта. Моделируя исторические процессы, приходится считаться и с тем, что возможности существующих методов математики для применения в этой области все же ограничены. Здесь уместно вспомнить академический фольклор: «Чистая математика делает лишь то, что

можно, но именно так, как нужно; прикладная же, наоборот, делает именно то, что нужно, но, увы, лишь так, как можно».

* * *

В последнее время продолжаются дискуссии о сложном периоде нашей истории, включавшем переход от продразверстки к продналогу, становление новой экономической политики и свертывание ее в конце 20-х годов.

Целая серия имитационных моделей, углубляющих анализ этих процессов, была предпринята в конце 1980-х гг. кандидатом исторических наук Ю. П. Бокаревым. Одна из них была связана с анализом функционирования экономики в 1919 — начале 1921 года.

Процесс обесценивания денег и рост дороговизны в это время привели к тому, что эмиссия и цены оказались теснее связанными между собой, чем с производством и распределением. Возникла угроза отрыва цен и денежной массы от товарооборота. Могло ли стать уничтожение денег выходом из создавшегося положения? В 1920 г. на этой мере настаивал ряд видных государственных и партийных руководителей, требование отмены денег содержалось и в резолюции III съезда ВСНХ. Вместе с тем натуральное распределение, ликвидация оплаты коммунальных услуг, медицинского обслуживания и обучения создавали благоприятные условия для отмены денег внутри экономической системы.

К каким экономическим последствиям привело бы утверждение натурального обмена между городом и деревней? Для ответа на этот вопрос Ю. П. Бокарев построил систему дифференциальных уравнений, описывающих взаимоотношения между промышленностью и мелкими крестьянскими хозяйствами в условиях натурального обмена. Результаты моделирования показали (рис. 1), что после короткого периода роста промышленного и сельскохозяйственного производства началось бы их снижение, а затем и стабилизация, нарушавшаяся едва заметными колебаниями вокруг уровней равновесия. Фактически это модель застойной экономики.

Следовательно, если бы сторонники отмены денежных отношений восторжествовали, то страна не добилась бы тех успехов в экономике, которые были достигнуты в 20-е годы. Объем промышленной продукции остался бы на более низком по сравнению с сельским хозяйством уровне.

Еще одна проблема: каковы были тенденции динамики социальных перемещений в частном секторе народного хозяйства в период нэпа? Насколько быстро вырастал из мелкого производства капитализм в конце 20-х годов? Для исследования этих проблем кандидат исторических наук М. А. Свищев и один из авторов этой статьи (Л. И. Бородкин) использовали имитационные модели, основанные на математическом аппарате цепей Маркова. Так был назван класс случайных процессов, впервые введенных академиком Петербургской академии наук А. А. Марковым и использованных им в 1913 г. при изучении текста «Евгения Онегина».

В своей работе мы анализировали данные налоговой статистики, где фиксировалось состояние частных предприятий. Все они (а их было около 100 000) подразделялись на пять групп, первая из которых включала самые мелкие, а пятая — наиболее крупные частные предприятия, широко использующие наемный труд. Источник выявил очень динамичную картину: в течение года более трети предприятий меняли свой социальный статус. Цель моделирования заключалась в данном случае в построении «ретропрогноза»: какой могла бы быть социальная структура частного сектора экономики в первой половине 30-х годов, если бы развитие нэпа не было прервано и сохранялись в течение ряда лет условия, определявшие характер социальных перемещений во второй половине 20-х? Особый интерес вызывал прогноз доли предприятий четвертой и пятой групп, составивших в 1925 году примерно 3% от общего числа частных предприятий; однако в возможности быстрого роста именно этой группы многие видели серьезную опасность.

На первом этапе работы по материалам обследования Наркомата финансов фиксировалось, патент какого разряда частный торговец приобрел на 1926—1927 годы, а какой имел во втором полугодии 1925—1926 года. По этим данным удалось построить матрицу переходов предпринимателей из одного разряда в другой на протяжении полугода. Затем на основе марковской модели был получен прогноз того, как бы изменилась дифференциация частных торговцев за 5 лет, если их деятельность протекала бы в тех же условиях, что и в 1925—1926 годах. В модели учитывались перемещения из одного разряда в другой, возникновение новых предприятий и ликвидация действовавших. Было рассмотрено пять наиболее вероят-

ных вариантов («сценариев») динамики открывающихся предприятий. Все они привели к качественно однородным результатам. Удельный вес крупных предпринимателей (4—5-го разряда) возрос бы к 1930—1931 гг. с 3,4 до 4,3—4,4%, мелких (1—2-го разряда) — с 71,9 до 72,5—74,6%, а средних (3-го разряда) уменьшился бы с 24,7 до 21,1—23,1%. Таким образом, темпы нарастания дифференциации были крайне незначительны, несмотря на то что исходной точкой для построения прогноза стали 1925—1926 гг., когда условия для развития частного сектора были наиболее благоприятными за весь период нэпа.

На втором этапе работы на основе тех же данных был получен прогноз социального состава предпринимателей, занятых в отдельных отраслях торговли, на 1930—1931 гг. Оказалось, что в отраслях, для которых источником товаров являлось мелкое производство, шел процесс дифференциации торговцев, а в отраслях, где монополистом в снабжении выступал государственный сектор, удельный вес полярных групп предпринимателей снижался.

На третьем этапе работы мы определили, как изменился бы социальный состав частных торговцев и промышленников, если бы модель строилась на основе данных за 1926—1927 гг., когда стала проводиться более жесткая политика регулирования предпринимательской деятельности. В таких условиях удельный вес торговцев и промышленников, использующих наемный труд, должен был резко снизиться (с 6,5 до 1,6% за 4 года), а доля самых мелких предпринимателей возрасти.

Таким образом, имитационно-альтернативная модель позволила получить количественные оценки того, какая социальная структура сформировалась бы в частном секторе народного хозяйства, если в течение ряда лет сохранялась бы благоприятная для частных предпринимателей экономическая конъюнктура или, наоборот, проводился курс на их вытеснение. Результаты моделирования показали, что представления о неэффективности государственного регулирования структуры частного сектора экономики в период нэпа были необоснованными.

Интересно, что близкие по смыслу результаты были получены и при моделировании социальных процессов в среде крестьянства в 20-е годы. Прогнозируемая социальная структура крестьянства в ближайшей перспективе принципиально не отличалась бы от исходной. В период нэпа ведущей тенденцией стало

повышение зажиточности крестьян, возрастание численности среднего и зажиточного слоев, пополнявшихся из беднейшего слоя.

Как показал ретропрогноз, потребовалась бы целая историческая эпоха, чтобы капиталистические элементы стали решающей экономической силой в деревне. Таким образом, имитационная модель социальных процессов позволила проследить, как складывалась бы судьба крестьянства в случае реализации иного по сравнению с осуществившимся варианта общественного развития. Математическая модель, позволяющая определить количественные параметры процессов, не происходивших в действительности, дает возможность поставить обсуждение исторических альтернатив на почву научного эксперимента.

* * *

Изложенное выше может создать впечатление, что моделирование исторических процессов возможно лишь в социально-экономической сфере. Разумеется, это не так: его эффективно используют и в историко-культурных исследованиях*.

Каждого исследователя древнего рукописного текста волнует, как разобраться в море разночтений, если количество дошедших до нас списков произведения исчисляется порой десятками, а то и сотнями. В такой ситуации появляется целый ряд текстологических трудностей: датировка каждого списка, установление авторского текста (или по возможности близкого к нему), выявление редакции произведения и т. д. Решение этих задач существенно облегчается, если удается построить формальную классификацию, то есть группировку, списков изучаемого памятника (о ней речь впереди). Разумеется, создание классификации не должно рассматриваться как альтернатива традиционному, историческому подходу, основанному на анализе содержания текста. Взаимоотношение этих двух подходов академик Д. С. Лихачев определяет следующим образом: «Формальная классификация — отправная точка текстологического исследования; историческая — один из его конечных результатов... Задача текстолога — развернуть во вре-

---

* Об опыте использования математических моделей в другой области истории — при изучении знаменитых сражений и войн — можно узнать из книги академика Н. Н. Моисеева «Математика ставит эксперимент» (М.: Наука, 1979).

мени списки произведений, найти между ними последовательность. Для этого как предварительный этап работы может служить классификация их по внешним признакам»*.

Создание формальной классификации списков предполагает их сличение, анализ выявленных различий (разночтений), построение генеалогического древа списков (стеммы) или более общей классификации списков. В основе любой такой классификации должна лежать некоторая модель процесса копирования списков (или «генерации ошибок»). Чем более жесткие требования к этому процессу содержатся в данной модели, тем более детальной получается соответствующая классификация. И наоборот, чем менее жесткие, более близкие к реальному процессу копирования списков условия лежат в основе модели, тем более общей получается построенная классификация. Потеря детальности является, так сказать, платой за реалистичность, надежность построения классификации.

В настоящее время накоплен определенный опыт построения классификаций списков на основе различных математических моделей. Применялись они, в частности, и группой исследователей во главе с доктором исторических наук Л. В. Миловым, которая изучала текст древнеславянского памятника «Закон Судный людем»**.

Одна из этих моделей, основанная на методе «групп», была предложена французскими текстологами***. При использовании этого метода предполагается, что:

1) у каждого списка имеется только один протограф (то есть «предок»);

2) в каждом списке содержатся все ошибки его протографа;

3) одинаковые ошибки не содержатся в списках, протографами которых были независимые тексты.

Идея метода «групп» очень проста: если списки-«потомки» приобретают все особенности списков-«предков», то история их копирования будет определенным образом «зашифрована» в разночтениях спис-

---

* Лихачев Д. С. Текстология (на материале русской литературы X—XVII вв.). — М.—Л., 1962. — С. 292.

** Закон Судный людем (краткой редакции) / Под ред. М. Н. Тихомирова. — М., 1961.

*** Dom J. Froger la critique des textes et son automatisation. Paris. Dunod. 1968.

ков. «Дешифровка» их, основанная на анализе структуры разночтений, сводится к построению генеалогического древа списков. Отметим, что одно из преимуществ метода «групп» заключается в возможности выявить некоторые несохранившиеся списки с указанием их вероятного места на стемме.

Конечно, как и любая модель, модель метода «групп» упрощает реальный процесс копирования списков, однако вряд ли можно сомневаться в том, что существовали такие эпохи и такие типы произведений, для которых изучение текста с помощью этой модели вполне правомерно. Весь вопрос в том, чтобы определить, в какой мере модель отражает реальную историю текста. Одно из достоинств метода «групп» заключается в том, что уже на первых этапах его применения ответ на этот вопрос может быть дан с большой определенностью.

Итак, выбирая для исследования конкретное литературное произведение, мы исходили из предположения, что процесс переписывания его списков носил в основном механический характер и, таким образом, был близок к тем модельным представлениям, на которых зиждется метод «групп». Именно поэтому исследователи обратили внимание на один из древнейших памятников славянской юридической мысли «Закон Судный людем». Действительно, уже сам харак-

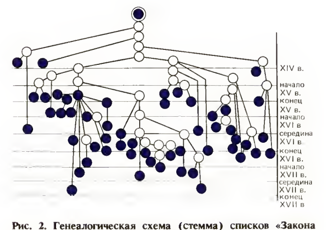


Рис. 2. Генеалогическая схема (стемма) списков «Закона Судного людем», полученная с помощью метода «групп». Пустыми кружками обозначены «вычисленные» ЭВМ несохранившиеся списки

тер произведения (свод законов) налагает жесткие ограничения на процесс копирования, приближая этот процесс к модельному. «Закон Судный людем» был создан в 60-х годах IX века одним из славянских просветителей Кириллом-Константином, жившем тогда в Велико-Моравском княжестве, позже он нашел практическое применение в Болгарии конца IX — начала X века. Тексты этого памятника сохранились только в составе древнерусских юридических сборников XIII—XVII веков. Состоявший из 33 глав и 36 статей «Закон...» содержал рекомендации в принципе на все случаи юридической практики того времени. Большая часть его статей была направлена на охрану прав личности, семьи, собственности. Он предусматривал жесткие наказания за воровство, убийство. В нем определялся порядок рассмотрения судебных дел.

Так, в статье «О свидетелях» говорится, например, что во всех судебных делах должна торжествовать правда. Князь и судья не могут судить без свидетелей, они обязаны разбираться в деле «с тщанием и терпением». Большое судебное разбирательство требует участия 11 свидетелей, а малое — от 3 до 7. Свидетели должны быть истинными: богобоязненными, не замеченными в тяжбах, не лукавыми, ни с кем не враждующими.

Когда идете на брань с супостатами, предупреждала статья «О разделении добычи, захваченной в войне», нельзя осквернять себя руганью и неприличными делами. Шестая часть добычи, по этой статье, становилась собственностью князя, остальное делилось поровну — «от великого до малого». Из княжеской части получали долю полководцы, а также особо отличившиеся в бою воины и простые люди.

По «Закону...» укравший оружие «будет бит», а похитивший в военной обстановке коня «продается в рабство».

С течением времени редакционная правка, связанная с разного рода политическими мотивами, ошибки, описки, приумножавшиеся от списка к списку, привели в конечном счете к значительному искажению текста.

Для нашего исследования было привлечено академическое издание краткой редакции «Закона...», охватывающее 54 списка XIII—XVII веков. Их разделяют на 4 извода, то есть на группы списков, объединенных общими особенностями и вариантами (Чудовский, Софийский, «Мерила Праведного» и Древ-

нейший). Поскольку применение метода «групп» требует сличения всех списков с каким-либо «исходным экземпляром», то в качестве последнего был избран наиболее древний из датированных списков — Новгородский, созданный в 1280 году.

Все разночтения (варианты) текста списков, полученные при сличении с Новгородским списком, были закодированы. Так, например, в тексте главы I Новгородского списка есть слова «бога та в том»; в трех списках это же место текста читается по-другому: «богатство в томъ». Можно предположить, что писцы попросту «подправили» непонятное им высказывание из более древнего текста. После кодировки разночтение имело следующий вид: {39, 40, 45}. Для компьютера это означало, что списки Соловецкий III, Архивный I и Толстовский III (их номера и указаны в коде) имеют одинаковый вариант в соответствующем месте текста. Всего было закодировано более 15 тысяч вариантов текста «Закона Судного людем». Этот материал был введен в память ЭВМ и послужил исходной информацией при применении метода «групп».

Построенное с помощью ЭВМ генеалогическое древо (рис. 2), отражающее историю текста «Закона...», дает целый ряд интересных наблюдений. Каждый из 4 изводов выделяется на стемме в отдельное прадерево, то есть все списки каждого извода имеют одного общего «предка», и при этом изводы на стемме «не пересекаются». Построенная стемма не содержит явных хронологических противоречий, то есть нет ни одной «цепочки» списков, содержащей не менее двух датированных списков, где хотя бы один «предок» был датирован более поздним временем, чем его «потомок». Важно отметить буквальные совпадения мнений специалистов с итогами полученной стеммы. Она же в ряде случаев не только подтверждает, но и уточняет догадки ученых о структуре изводов; в других случаях соотношения списков на стемме могут дать импульс для новых гипотез, а наличие на стемме «несохранившихся» списков может послужить основой для гипотетического восстановления утраченных звеньев.

Однако построение на ЭВМ стеммы — это еще не последний этап, поскольку стемма оказывается «подвешенной» к выбранному вначале исходному списку. Последний этап — «ориентирование» стеммы — носит неформальный характер и заключается в возможности замены исходного списка на более обосно-

ванный (при этом все связи между списками на стемме остаются неизменными). Такая корректировка была проведена Л. В. Миловым, в результате чего в качестве исходного списка был определен несохранившийся протограф Устюжского списка, который, как можно предположить, ведет в конечном счете к древнейшему сборнику Кирилло-Мефодиевской эпохи, откуда и пришел на Русь «Закон Судный людем».

* * *

Что же дает имитационное моделирование исторических процессов для сегодняшнего социально-экономического прогнозирования, для оценки альтернатив развития? Во-первых, построение альтернативных ретропрогнозов обладает одной существенной особенностью: мы можем сопоставить результаты моделирования с той реальной траекторией, по которой развивался процесс в действительности, и тем самым судить о методологических и методических аспектах построенной модели.

Во-вторых, обсуждение результатов ретропрогнозов может помочь в разработке методологии экспертиз проектов социально-экономического развития, в которых должны прорабатываться различные варианты, учитываться социальные последствия принимаемых решений.

Разумеется, при этом надо исходить из того, что «дважды в одну реку не войти», и исторические условия, соответствовавшие «точке отсчета» при построении ретропрогноза, отличаются от той реальности, в которой мы живем сегодня. Поэтому речь не идет о «прямом переносе» результатов моделирования социальных процессов периода нэпа при прогнозировании тенденций развития современного общества; ретропрогнозы способствуют лучшему усвоению уроков истории.

Можете ли вы представить себе, как из разрозненных элементов без всякого внешнего управления выстраиваются сложные, самоорганизующиеся структуры? Ведь именно так появляется жизнь, так развивается общество. Можно ли назвать это чудом? Наверное, да. Но секрет его разгадан, а действие воспроизведено на ЭВМ. Создана математическая модель нового типа, она позволяет увидеть то, что за горизонтом, куда не может заглянуть ни физика, ни политэкономия. Это открывает совершенно новые, трудно обозримые перспективы исследований в разных областях знания. Вырисовываются контуры единой фундаментальной науки XXI века



Владимир Ефимович Лихтенштейн —

специалист по применению математики и вычислительной техники в зкономике и других областях знания, доктор зкономических наук, заведующий сектором Научно-исследовательского института планирования и нормативов Госплана СССР, автор четырех монографий, а также многих брошюр и статей, автор эволюционно-симулятивного метода принятия оптимальных решений в условиях неопределенности, ряда методов дискретной оптимизации, автор системы искусственного интеллекта многоцелевого назначения «Таня» для зкономики, управления и научных исследований.

Парадокс единства в многообразии

(Универсальная теория развития)

Наука — езда в незнаемое. Объяснить и разрешить разнообразные проблемы (частные и общие, текущие и перспективные) — вот ее цель и содержание. В наше время, несмотря на достигнутые высоты (а может быть, именно благодаря этому), в разных областях науки обнаруживаются такие проблемы, разрешить

которые сами эти науки не в состоянии. Так, например, неуклонно продвигаясь в изучении величин все меньшего масштаба (порядка 10^{-16} см и 10^{-26} с), физики уже с полной определенностью видят непреодолимые препятствия, а именно: квантовые границы общей теории относительности и гравитационные границы квантовой механики.

Такие же проблемы возникли и в биологии. Опираясь только на эвоционную теорию и генетику, невозможно объяснить сколько-нибудь сложные регуляторные механизмы или структуры. Наследственный механизм может «запомнить» и передать новым поколениям любое изменение, но его возможности продуцировать и упорядочивать эти изменения ограничены. Эволюция, в свою очередь, наталкивается на огромное количество тупиковых вариантов и на ограничения, порождаемые правилами отбора.

Не лучшее положение складывается и в политической экономии. В этой науке традиционно, начиная уже с Т. Мора (XV век!), важное место занимали социалистические идеи. Однако, как можно видеть сегодня с полной определенностью, многие из этих идей оказались несостоятельными, и это, конечно, заставляет пересматривать основы.

В целом получается, что наука как система знаний стоит на фундаменте, давшем множество глубоких трещин. Возникает вопрос: а есть ли что-либо общее между столь разными по содержанию проблемами? Если исходить из общефилософских соображений, то надо признать, что должно существовать некоторое единство мироздания. Однако это признание выглядит довольно отвлеченным, так как вопрос о комплексном разрешении столь многочисленных и сложных, разных по содержанию проблем кажется совершенно невероятным. За такого рода проблему может взяться разве что самонадеянный, свободный и «не отягощенный излишними знаниями» юноша. Таковым я и был в конце 50-х — начале 60-х годов, когда не в шутку, а всерьез увлекся проблемой развития, точнее говоря, философскими аспектами этой проблемы. Я читал Гегеля и Маркса, философские тетради В. И. Ленина.

Мы привыкли употреблять слово «развитие» очень широко и в самых разнообразных смыслах. Говорим о развитии ребенка и экономики, отрасли и вычислительной техники, подразумевая под этим любое изменение, расширение, увеличение. Между тем развитие — это специфический процесс, очевидный по результатам и загадочный своим механизмом самодви-

жения. Так, например, очевидно, что курица отличается от яйца, а современное общество от первобытного; но над механизмом этих превращений издавна ломали голову многие ученые разных направлений: философы, естествоиспытатели, математики. Развитию посвящали свои труды Платон, Аристотель, Галилей, Декарт, Спиноза, Кант, Лаплас, Ломоносов, Гегель, Маркс, Дарвин, Н. И. Вавилов и др. Причем именно поиск общей сущности в разных явлениях всегда составлял характерную черту этой проблемы, благодаря чему само выражение «Поиск единства в многообразии» стало афоризмом.

Фундаментальные проблемы современной науки, как выясняется при ближайшем рассмотрении, содержат в себе парадокс: при всей своей сложнсти и уникальности они не могут быть решены по отдельности. И хотя это уже может показаться совершенно несуразным, они только формы проявления развития.

Попытка разрешить столь грандиозную проблему «в лоб» всегда приводила к неудаче. Но вот однажды, когда я стал уже специалистом по применению математики в экономических исследованиях и накопил большой опыт работы на ЭВМ, мне пришла в голову простая и, в общем-то, лежащая на поверхности мысль. Я рассуждал так: общественное социально-экономическое развитие, то есть превращение первобытного общества в современную цивилизацию, несомненно, есть пример развития. Это во-первых. Во-вторых, в «Капитале» Маркса описан данный процесс... А что, если попробовать воспроизвести на ЭВМ то, что было на самом деле? Иначе говоря, попытаться модельно представить первобытные группы, воспроизвести их взаимодействие и посмотреть на этот процесс сквозь призму политэкономических категорий. Простота идеи вселяла уверенность в успехе, но это оказалось движением по узкому полутемному проходу с множеством поворотов. Важно было не заблудиться, суметь выявить главное и отбросить второстепенное. Скажем, первобытные группы периодически воевали. Наверняка были и любовные приключения, дары и воровство, и многое другое, ведь люди, жившие 50—30 тыс. лет тому назад, мало чем отличались от современных, и жизнь их была так же многогранна, как и теперь.

Далеко не все подсказки могла дать политэкономия. Скажем, изобретение нового орудия труда — это процесс прежде всего психологический. Конечно, важный для экономики, но она не объясняет механизм

этого явления, а для разработки модели нужно знать его механизм.

И все же движение в этом направлении впервые оказалось не тупиковым. Процесс разработки модели стал процессом систематизации разрозненных знаний, превращения из пассивной, описательной формы в конструктивную, позволяющую делать вычислительные эксперименты. Но самое главное в том, что модель позволила понять сущность явления на качественно новом уровне. Ведь трудами многих ученых установлено, что сущность развития — это механизм самодвижения, саморазвития, то есть тот механизм, который способен превращать разрозненные элементы в сложную и самоусложняющуюся, гармонически согласованную целостную систему (без внешнего организующего воздействия). Модель развития* — это модель именно этого явления. Она открыла буквально бездну новых, самых неожиданных, совершенно не тронутых возможностей для быстрого продвижения почти во всех областях фундаментальной науки. Это прекрасная бездна, от нее кружится голова, она манит идти и идти вперед, хотя в этом движении заведомо нет конца.

Итак, давайте попробуем на примере истории общества сквозь лабиринт «мелких деталей» выйти на простор нового понимания развития. Мы будем двигаться в темпе краткой экскурсии, но постараемся все же быть точными и не упускать главного.

Построить математическую модель развития — это значит модельно представить ситуацию, соответствующую первобытнообщинному строю. Условимся каждую первобытную группу в модели считать элементом развивающейся системы. Таких элементов достаточно много, и все они примерно одинаковы. Каждый из них обладает следующими главными свойствами:

— во-первых, они могут вступать в обмен;

— во-вторых, они способны эволюционировать.

Обмен — это универсальный вид взаимодействия между элементами развивающейся системы. Казалось бы, акт взаимной передачи товаров совершенно элементарен, но его описание в политэкономии и представление в модели в виде специального алгоритма обмена достаточно сложны.

Эволюционирование основано на случайных изменениях (мутациях) и отборе наилучшего мутанта.

---

* См.: Лихтенштейн В. Е. Эволюционно-симулятивные модели в планировании. — М.: Наука, 1980.

Обмен и эволюционирование — это две основные составляющие, иначе говоря, два главных блока, из которых образован механизм самодвижения. Связующее звено между ними — полезность.

Полезность — это субъективная оценка любого предмета, услуги или способа работы. Чем больше товара, тем меньше полезность единицы этого товара (рис. 1). Скажем, если у нас только одно яблоко, то полезность его высока, а если у нас тонна яблок, то полезность отдельного яблока невелика.

Развивающаяся система в исходной ситуации изображена на рис. 2. Здесь каждая точка соответствует элементу системы (первобытной группе), в целом же это эволюционирующая популяция, в которой возможен обмен. Важно и то, что полезность — критерий выгодности обмена и она же — критерий для отбора. Запущенные в ЭВМ элементы начинают функционировать и взаимодействовать. По условиям моделирования, в ход этого процесса мы не вмешиваемся.

Посмотрим теперь, что мы будем наблюдать на модели. Мутации, то есть совершенствования орудий труда, происходят редко; большинство из них неудачны и отбором отбрасываются. Это положение соответ-

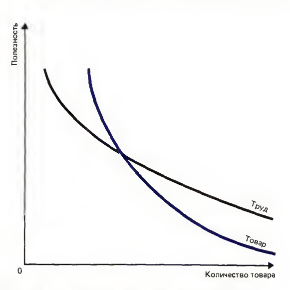


Рис. 1. Зависимость субъективной оценки единицы какого-либо товара от его количества

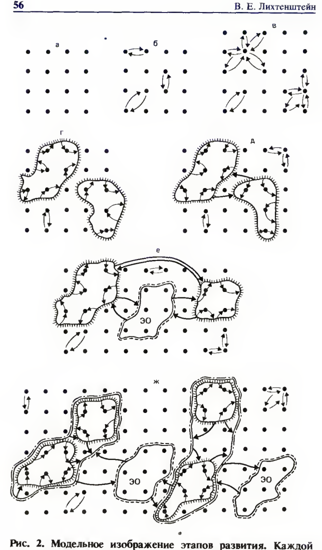


Рис. 2. Модельное изображение этапов развития. Каждой точке на рисунке соответствует элемент развивающейся системы. В экономике это: первобытная группа, современное предприятие, индивидуальный предприниматель или иной экономический объект (ЭО). Элемент может вступать в обмен, он подвержен случайным изменениям (мутациям) и отбору. На рис. а показана совокупность ЭО, т. е. эволюционирующая популяция, между элементами которой возможен обмен, это и есть

ствует очень длительному периоду существования первобытнообщинного строя, периоду простого воспроизводства.

Тем не менее рано или поздно у какого-то из элементов происходит положительная мутация. Это значит, что некоторая группа овладела более совершенным орудием труда и сумела перейти к расширенному воспроизводству: она стала производить больше, чем потреблять. Это уже новый тип хозяйства, также просуществовавший многие тысячелетия.

Расширенное воспроизводство приводит к накоплению излишков товара и к снижению его полезности (см. рис. 1). Когда полезность падает до известного уровня, то владелец товара начинает предлагать его для обмена. В модели уровень полезности служит критерием для запуска алгоритма обмена. Так появляются инициаторы обменов. Они ищут и периодически находят случайных партнеров. Исторически это и есть первая форма стоимости: «Простейшее стоимостное отношение есть отношение товара к какому-нибудь одному товару другого рода, все равно, какого именно». Стоимостное отношение двух товаров дает, таким образом, наиболее простое выражение стоимости данного товара.

А. Простая, единичная, или случайная, форма стоимости X товара A = У товара B или: X товара A стоит У товара B (20 аршин холста = 1 сюртуку, или 20 аршин холста стоят одного сюртука)»*.

Возникшая ситуация показана на рис. 2, б. Каждый этап развития создает все необходимые предпосылки для перехода к следующему этапу. С появлением обмена избирательно, а именно — только для инициатора обменов, меняется направленность отбора: теперь для него становится выгодной такая мутация, в результате которой он увеличивает производство товара для обмена. Следовательно, отбор теперь идет

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч. — Т. 23. — С. 57.

развивающаяся система, б — случайные обмены, в — появление у инициатора обменов множества партнеров и специализация инициатора, г — саморегуляция как результат развития (рынок) и, вместе с тем, новые локальные структурные образования, д — взаимодействие этих образований, е — возникновение специфического товара — труда и новых механизмов регулирования, ж — появление нового глобального свойства — всеобщего притяжения элементов, создание конгломератов

в направлении специализации инициатора обменов. Эти закономерности главенствовали в течение большого исторического периода, охватывающего эпоху рабовладельческих обществ и отчасти ранний феодализм. Экономические объекты этого периода — уже не только натуральные хозяйства, но и разнообразные ремесленные производства.

Специализированный инициатор обменивается с многими партнерами (см. рис. 2, в), и тем самым возникает:

«Полная, или развернутая, форма стоимости Z товара A = U товара B, или = V товара C, или = W товара Д, или = X товара E и т. д.»*

Вступив в силу, данный этап вскоре начинает создавать необходимые предпосылки для перехода к следующему этапу. Эти предпосылки заключаются прежде всего в явлении, которое мы назовем индуцированной специализацией. Ее экономическое содержание в том, что натуральные хозяйства (то есть те, кто остался на полном самообеспечении), вступая в обмен с ремесленниками (инициаторами обменов), постепенно начинают приспосабливаться к их потребностям. Причем они остаются пассивными партнерами в обмене. Отличия между ними на модели особенно наглядны. Так, мы помним, что инициатором обмена становится только тот, кому удалось достаточно снизить уровень полезности своего товара.

Наличие индуцированной специализации дает возможность инициатору обменов в довольно широких пределах диктовать пропорции обменов своим партнерам. Иначе говоря, он вступает в обмен теперь только с теми, кто соглашается на его условия. В результате этого устанавливается единая пропорция обмена каждого товара, одинаковая для всех участников. Это означает появление новой формы стоимости:

«1 сюртук =
10 ф. чаю =
40 ф. кофе =
1 квартер пшеницы =
2 унции золота =
$^1/_2$ тонны железа =
X товара A =
и т. д

} 20 аршин холста

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 23. — С. 72.

...Теперь товары выражают свои стоимости: 1) просто, так, как они выражают их в одном единственном товаре и 2) единообразно, так, как они выражают их в одном и том же товаре. Форма их стоимости проста и обща им всем, следовательно всеобща»*. Иначе говоря, товар, поставляемый на рынок специализировавшимся инициатором обменов, становится всеобщим эквивалентом или денежным товаром.

С появлением денег зарождается неразрывно связанный с ними механизм рыночного регулирования, основанный на установлении цен (пропорций обмена) из соотношения спроса и предложения. Причем здесь важно подчеркнуть, что в модели, как и в реальной действительности, рынок порождается развитием. Он является механизмом саморегуляции, не привнесенным извне и не заданным по построению. В модели рыночный механизм действует так: если с инициатором произойдет мутация, в результате которой он слишком сильно ужесточает пропорции обменов в свою пользу, то он потеряет много партнеров (из числа не специализированных) и мутация отбросится как невыгодная. Если же произойдет мутация, в результате которой пропорции слишком улучшатся для партнеров и ухудшатся для самого инициатора, то и эта мутация будет отклонена как невыгодная. С помощью подобных колебаний и подбираются равновесные цены.

Локальные рынки можно уподобить морфологическим образованиям, то есть выделившимся из среды совокупностям элементов, подчиняющимся внутренним законам саморегуляции. Схематично это показано на рис. 2, г.

Рассмотренная ситуация в основном соответствует позднему феодализму и периоду первоначального накопления капитала. Однако надо сказать, что модель развития может да и должна показывать прежде всего его закономерности. В модели ход этого процесса неизбежно предстает в несколько идеализированном виде. В реальной истории развитие часто приостанавливалось или даже двигалось вспять из-за войн, эпидемий и других причин. Так, в Греции и Древнем Риме широко применялись монеты из ценных металлов. В основном они играли роль эквивалентного товара (а не всеобщего эквивалента). Но уже и в то время иногда появлялись зачатки рыночных отношений и даже, выражаясь словами Маркса, «допотопный капитал» в виде капитала работорговцев и ростов-

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Т. 23. — С. 75.

щиков. В дальнейшем, на много веков эти элементы будущего были утрачены.

Дальнейший ход процесса развития связан с тем, что рынки расширяются, вовлекая все новых партнеров и участников, пока, наконец, не входят в соприкосновение, как это показано на рис. 2, д. Соприкосновение рынков заключается в том, что участник, находящийся в одном рынке, то есть признающий совершенно определенные пропорции обменов (цены), вступает в обмен с партнером из другого рынка, признающего другие цены. Наблюдаемое на модели содержание этого процесса заключается в том, что благодаря мутациям и отбору идет углубление специализации внутри рынков и разделение функций между ними (по разным наименованиям товаров), иногда происходит выравнивание цен на разных рынках. В целом рынки ведут себя примерно так же, как и отдельные элементы. Взаимодействие между ними проходит аналогичные этапы: случайные обмены, специализацию и саморегуляцию. В результате возникает другой механизм регулирования, действующий на новом иерархическом уровне. Следовательно, развитие порождает иерархию как новый феномен, и это воспроизводит модель.

Следующий за феодализмом этап — классический капитализм. Он возникает прежде всего с появлением на рынке специфического товара, именуемого трудом. Так как человек может предлагать для обмена свое время, профессиональные навыки и знания, то труд, несомненно, является товаром. Причем если из-за неблагоприятного соотношения спроса и предложения некоторый собственник вынужден сворачивать производство, то владельцем своего времени, навыков и знаний он остается при всех обстоятельствах. Эти особенности труда отражены и в его функции полезности (см. рис. 1). Из рисунка видно, что, когда товара становится мало, меньшую субъективную полезность приобретает труд. Значит, если к потерявшему партнеров экономическому объекту (ЭО) поступит предложение об обмене, то он предложит труд. С появлением труда законы рынка начинают распространяться и на него в качестве специфического товара, что и составляет сущность капитализма. На модели эти процессы происходят в полном соответствии с тем, что наблюдалось в реальной истории: появляются элементы — поставщики труда, возникают колебания спроса и предложения, регулирующие распределение труда посредством обмена. Условно это показано на

рис. 2, е. Здесь для наглядности поставщики труда выделены в качестве образования, ограниченного пунктирной линией.

Развитие переходит от одного этапа к другому, подчиняясь объективным закономерностям. Математическая модель в принципе способна отобразить действие всех законов и во всей полноте, хотя при этом модель становится очень сложной, с огромным числом элементов, массой взаимодействий между ними, статистическими проявлениями закономерностей развития. Она, конечно, требует соответствующих ресурсов вычислительной техники. Вопрос о выборе целесообразной степени детализации должен увязываться с конкретными исследовательскими целями. Главное же состоит в том, это еще раз следует подчеркнуть, что модель позволяет осмыслить развитие как универсальное и своеобразное явление на новом качественном уровне.

Основные, наиболее характерные черты следующего этапа развития определяются тем, что труд, сделавшись товаром, становится обязательным предметом купли-продажи, так как без труда невозможно никакое производство. Под воздействием этого фактора формируется новая направленность отбора: теперь все собственники средств производства начинают конкурировать за максимально эффективное использование рабочей силы. Для этого они, с одной стороны, увеличивают эксплуатацию наемного труда и, с другой стороны, объединяют капиталы.

Оба этих явления можно наблюдать и на модели. Усиление эксплуатации предстает в виде индуцированной специализации поставщиков труда под интересы работодателя (инициатора обменов). Варианты же слияния капиталов (то есть образования акционерных обществ, корпораций и т. д.) предстают в виде согласования параметров инициаторов обменов. Это происходит в силу того, что инициаторы обменов оказываются теперь косвенными партнерами (у них есть общие покупатели, продавцы, а также посредники). В этих условиях мутации и отбор ведут к взаимному приспособлению.

Это уже означает, что на данном этапе развития система становится подверженной действию глобального критерия: максимизации прибыли. Иначе говоря, в системе начинает действовать еще один новый глобальный феномен в виде вариационного принципа (всеобщего притяжения ее элементов и структур). Благодаря этому ранее возникшие морфологические

образования соединяются в разнообразные конгломераты (монополии), как это показано на рис. 2, ж.

Итак, мы кратко обрисовали, что представляет собой математическая модель и как она воспроизводит основные этапы социально-экономического развития человечества. Это цикличный процесс, но ситуация, показанная на рис. 2, ж, — завершающий этап. *С необходимостью создаются предпосылки для* перехода к следующему этапу. Под действием вариационного принципа формируются все более крупные конгломераты (монополии), они начинают давить и сминать друг друга. Это создает напряжение в системе. Оно постепенно усиливается, причем это связано не только с противоборством монополий, но и с противоречивым характером действия самого вариационного принципа: чем больше прибыль производителей, тем ниже покупательная способность основной массы потребителей. Все это объективные свидетельства необходимости перехода к следующему этапу развития. Причем здесь впервые решающее значение приобретает совершенно новый фактор — необходимость сознательного регулирования экономики. Значит, если при рассмотрении предшествующих этапов методическим условием моделирования развития было невмешательство в ход моделирующего вычислительного процесса, то теперь положение меняется на противоположное: мы должны вступить в диалог с ЭВМ.

Идея сознательного регулирования лежит в основе всех социалистических теорий. Развитие идет по своим собственным законам, причем это движение часто выглядит как движение против воли большинства. Отсюда возникает естественное стремление взять этот процесс в свои руки. Но трагедия состоит в том, что первоначально приходится активно вмешиваться, не имея ни должных знаний, ни должного опыта. Это наблюдается во всех областях деятельности людей.

Выход из этого тупика подсказывают сами объективные законы. Развитие всегда идет в направлении дополнений ранее созданных регуляторов новыми. При этом старые остаются в силе, хотя сфера их действия ограничивается. На рассматриваемом нами этапе развитие порождает рынок ценных бумаг, который становится как бы малой системой кровообращения экономики. По мере того как этот рынок приобретает всеобъемлющее значение, управление из сферы материального производства во все возрастающей мере переносится в сферу денежного обращения и становится, таким образом, косвенным управлением. В ре-

зультате возникает высокоэффективная система, регулируемая кредитно-финансовыми методами и гражданским правом. Примеры этого мы видим в высокоразвитых странах. Этим определяются формы и степень сознательного воздействия (активизма) в социально-экономическом развитии. Этим же определяются формы и содержание диалога с реализованной на ЭВМ моделью развития.

Таким образом, сознательное воздействие на экономику должно опираться на порожденные предшествующим развитием механизмы, в частности, конечно, на рыночный. Противопоставление же регулирования рынку — принципиальная ошибка. Управлять экономикой можно только посредством тех рычагов, которые созданы развитием. Значит социализм, если его понимать как закономерный этап, невозможен в слаборазвитой отдельно взятой стране. Это подтверждается историей, прежде всего, конечно, историей строительства социализма в СССР. И наоборот, в высокоразвитых странах процесс социализации становится закономерным продолжением предшествующего развития. На место стремления к максимизации прибыли естественно приходит забота об ее устойчивости (о стабилизации роста), и ради этого создаются условия для наилучшего воспроизводства рабочей силы.

Итак, мы кажется достаточно внимания уделили экономике. Вспомним теперь, что развитие — это фундаментальный процесс Природы, имеющий большое объединяющее значение. Соответствующим должно быть и значение модели этого процесса в познании всех форм его проявления. Модель развития открывает прямой путь для применения математики в политэкономии, истории и философии. Если до настоящего времени математика применяется в этих науках в лучшем случае для оценки количественных характеристик каких-либо процессов, не раскрывая и даже не затрагивая подчас их существа, то с помощью математической модели развития можно изучать саму сущность явлений, не отделяя содержательную основу понятий от их математической формы и содержания, мы можем видеть на примере классической физики. Скажем, уравнение второго закона Ньютона — сила равна произведению массы на ускорение ($F=m \cdot a$) — точно и глубоко отражает саму суть явления. Мы даже можем определить, например, массу (m) как коэффициент в уравнении второго закона Ньютона, и смысл физического понятия массы

при этом не исказится и не обеднится.

Математическая модель развития не только открывает принципиально новую возможность для теоретического анализа и количественного расчета самых разнообразных и сложных явлений, но она позволяет более глубоко проникнуть в их сущность. С помощью модели можно, с одной стороны, сколь угодно глубоко погружаться в детали явлений, используя ее, образно говоря, в качестве микроскопа, но можно, с другой стороны, охватывать грандиозные явления в целом, используя ее в качестве «телескопа». Все это вопросы адаптации и интерпретации модели применительно к конкретным задачам.

Попробуем проиллюстрировать это на примере некоторых физических проблем. Представим себе, что точки на рис. 2,а — это некоторые микрочастицы (допустим кварки), а также предположим, что они наделены свойствами, необходимыми для процесса развития: способны к обмену и эволюционированию. В исходном состоянии они представляют собой бесструктурную массу, иначе говоря, абсолютно холодную плазму. Процесс развития, как мы видели, способен породить разные виды более сложно устроенных частиц, придать системе новые локальные и глобальные свойства, в том числе породить обмен неидентифицируемыми сигналами и всеобщее притяжение ее частей. То, что сигнал неидентифицируем, означает, что сам по себе он не несет информации, по которой можно было бы распознать источник этого сигнала. Скажем, держа в руках 3 рубля, мы не можем установить, чей конкретно труд несет в себе эта денежная купюра. Даже сама постановка такого вопроса кажется странной именно потому, что деньги выражают некоторое количество абстрактного, неперсонифицированного труда.

Аналогичными свойствами обладает электрон и другие субатомные частицы. Ни по каким признакам электроны нельзя различить между собой. Модель развития позволяет объяснить, как и почему неидентифицируемость возникает в системе в качестве глобального феномена. Вместе с тем обмен неидентифицируемыми сигналами с необходимостью создает ситуацию, в которой любое распознавание приобретает чисто статистический характер.

Поясним это физическое явление на экономическом примере. Предположим, что неизвестно, от кого мы стали получать в разные моменты времени разные

денежные купюры, доставая их вместе с газетами из почтового ящика. Чтобы узнать, кто же их посылает, нам придется накопить статистику, выявить, как часто поступают трех-, десятирублевые и другие купюры. Приняв гипотезу, что разные корреспонденты посылают деньги с разной периодичностью, мы сможем установить количество корреспондентов и другие их свойства. Здесь важно то, что степень точности идентификации впрямую зависит от количества информации и, значит, от длительности временного промежутка, в течение которого мы накапливаем статистическую информацию. Сокращая промежуток времени, мы огрубляем наши оценки. По отдельно взятой выемке мы вообще не можем ничего сказать о тех, кто посылает деньги.

Аналогичный смысл имеет и соотношение неточностей квантовой механики, согласно которому неточность в определении импульса частицы (то есть произведения массы на скорость) связана с неточностью в определении ее координат. Не вдаваясь в детали, можно с уверенностью сказать, что развитие, породив неидентифицируемость сигналов, вместе с тем порождает и действие принципа неопределенности.

Обратимся теперь к принципу относительности. Если исходить из того, что каждый элемент системы имеет внутренние часы, то есть ритм собственных процессов, и что он может распознать своих партнеров только по поступающим от них сигналам, то мы сможем вывести принцип относительности опять-таки как следствие появления в системе неидентифицируемого сигнала. Таким образом, все те основы теоретической физики, которые в рамках самой физики экспериментально проверяются и постулируются, но которые трактуются как первопричины прочих свойств окружающего нас мира, в теории развития сами предстают как следствия, как разнообразные проявления единой сущности.

Сегодня, правда, пока на уровне общей логической схемы, можно проследить, как развитие творит физический мир, создает его свойства, его законы, кажущиеся разрозненными или даже противоречивыми, а в действительности имеющие одну сущность.

Модель развития открывает принципиально новые возможности и для углубленных комплексных исследований самых разнообразных проблем биологии, таких, например, как возникновение жизни, дифференциация клеток и морфологизация, возникновение симбиозов, гормональной регуляции и др.

Очень часто модель развития позволяет увидеть в самых, казалось бы, отдаленных областях знания нечто глубоко общее и конструктивное, что при детальном изучении вполне может стать предметом открытий.

Важна модель развития и для самой математики, где всегда большое значение имеют теоремы существования. Их значение не только в установлении новых фактов, но и в разработке новых методологий для математических исследований. Например, теорема Геделя о неполноте арифметики доказывается тем, что предлагается алгоритм, позволяющий строить высказывание (причем бесконечно длинное), которое нельзя ни доказать, ни опровергнуть, опираясь только на аксиомы арифметики. Модель развития доказывает существование процесса и алгоритма, ранее математике неизвестных и обладающих множеством удивительных свойств.

Есть и другой важный аспект, тесно увязывающий развитие, математику и искусственный интеллект. Понятно, что изучение развития на модели само по себе достаточно трудоемко. Дело не только в том, что здесь необходимо сложное сочетание теоретической работы, программирования и эксперимента, но еще и в том, что результат работы модели сложен и неоднозначен и для анализа и интерпретации требует специальных математических и программных средств. Если для доказательства принципиальной возможности модели развития достаточно показать, что ее алгоритм не исключает тех или иных тенденций, свойственных этапам развития (здесь закономерности носят статистический характер), то для практического применения модели нужна специализированная система искусственного интеллекта, помогающая анализировать результаты экспериментов. В свою очередь, модель развития сама способна стать основой системы искусственного интеллекта, имитирующей такие аспекты мыслительной деятельности которые недоступны моделям другого типа.

Можно заметить, что в сказанном много гипотетического. Но, думается, что в данном случае это вовсе не недостаток. Это свидетельство огромной «методологической мощности» модели развития, которая способна стать основой для успешной творческой работы многих теоретиков и экспериментаторов в самых разных областях знания. В конечном счете, моделирование развития (математическая теория) должно стать самостоятельной областью науки, причем облас-

тью, имеющей уникальное интегративное значение. Ведь развитие — это процесс, порождающий более сложные формы из более простых, процесс циклический, не имеющий начала и конца. Каждый новый цикл, не являясь точной зеркальной копией предыдущего, в то же время повторяет общие законы развития на новом уровне. Это легко представить себе, посмотрев на рис. 2. Структура, показанная на рис. 2,ж, как целое наделяется качествами, необходимыми для развития: способностью эволюционировать и вступать в обмен. Тем самым она уподобляется отдельному элементу (точке на рис. 2,а). Если теперь представить, что рис. 2 — это лишь участок гораздо большего листа, то цикл развития окажется локальным, а его результатом будет ситуация, аналогичная исходной.

Итак, в результате перехода от одного цикла развития к другому из микрочастиц рождаются атомы и молекулы, из них биологические макромолекулы, далее живые клетки, затем организмы, высокоразвитые организмы, социально-экономические структуры. Это и есть диалектика.

В заключение хочется ответить на вопрос, который наверняка возникнет у некоторых читателей: уверен ли автор в своей правоте? Отвечу так: критерий истины — практика. Это утверждение иногда употребляется в переносном смысле, но для теории развития оно верно буквально, ведь модель по принципам своего построения является имитационной, и проверять ее нужно не логическим выводом, а экспериментом. Эксперимент же всегда приспосабливают к конкретным исследовательским целям и задачам. Поэтому в принципе речь может идти только о процессе совершенствования, уточнения, углубления и расширения нашего знания. Сам по себе этот процесс априорно ничем не ограничен, и на этом пути модель неизбежно будет проверена. Таково объективное положение вещей. Но, кроме того, есть, конечно, и субъективное отношение. Оно полностью выражается следующими словами И. Кеплера: «Если же я выступил в защиту своей собственной теории, то сделал это в надежде на то, что она истинна и исполнена серьезного смысла, в силу чего я решительно не намерен отказываться от нее до тех пор, пока кто-нибудь, превосходящий меня своей ученостью, не даст безупречного доказательства ее ошибочности»*.

---

* Кеплер И. О шестиугольных снежинках. — М., 1988. — С. 36.





Дмитрий Поспелов

Магазин для сумасшедших
(рассказ)

Карел был в отличном настроенин. В пансноне, прннадлежавшем его брату, прекрасно кормили. Если в обеденное время Карел бывал в Старом городе, то он заходил навестить брата, а заодно н вкусно поесть. В шестьдесят восьмом году онн бежали сюда, в Вену. Старший брат быстро устроился, женился на единственной дочерн владельца модного салона, открыл в центре города, в одном нз переулочков, выходящих на Грабен, недорогой пансnон н процветает. У Карела поначалу все было как-то нескладно. Никак не мог прнспособиться к новой жизни. Года два внсел у брата на шее, помогал ему, выполнял мелкие поручения, но быстро остывал. Но потом все постепенно наладилось. Тесть брата помог устронться в муннципальную полицию, и вот

ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ ПОСПЕЛОВ — доктор технических наук, заведующий отделом Вычнслнтельного центра АН СССР

уже пять лет, как Карел чувствует, что занимается делом.

Конечно, муниципальная полиция — это не «Интерпол». Дела тут куда мельче, но Вена — перекресток многих путей, тут постоянно что-то происходит, и скучать Карелу не приходится. Вот и сейчас...

Карел взглянул на часы и присвистнул. Времени оставалось совсем немного, надо торопиться. Он зашагал побыстрее.

На Угольном рынке (от него сохранилось только прежнее название, сейчас это одна из наиболее оживленных улиц Старого города) было полно туристов. Карел всегда удивлялся людям, которые толпами бродят по Вене, ничего особенного не замечая, но постоянно справляясь в путеводителе, что они видят и мимо какого исторического памятника проходят. И почему туристов так тянет рассматривать дома, церкви, памятники давно умершим людям? Карелу гораздо интереснее изучать тех, кто еще жив. Каждый из них куда более неповторим, чем застывшие в своих формах архитектурные сооружения.

Ни на что не обращая внимания, погруженный в свои мысли Карел миновал арку Николаевских ворот, внутренние дворы Хофбурга, где какой-то настойчивый турист пытался пройти в закрытый уже Швейцарский дворик, пересек под углом Ринг и добрался до большого подземного перехода в том месте, где от Ринга ответвлялась Марияхильфштрассе — улица магазинов и злачных мест. Внизу в переходе Карел минут пять постоял около телевизионного монитора, на экране которого мелькали кадры из фильмов, идущих в центральных кинотеатрах. Ничего интересного. Новые приключения Кинг-Конга (для детей и старушек, способных по-детски ужасаться, видя, как хрупкая стандартизированная блондинка свободно разгуливает по волосатой руке гигантской обезьяны). Очередная версия гибели Земли, к которой привела мания величия какого-то сумасшедшего ученого. Вампиры, оборотни и прочая дракульщина. Надоело!

Карел заглянул в небольшой книжный магазин, полюбовался на группу девушек, что-то весело обсуждавших между собой. Еще раз взглянул на часы. Пора. Сейчас, перед закрытием магазинов, самое время. Эскалатор поднял Карела к началу Марияхильфштрассе, и он зашагал в сторону железной дороги, чувствуя, как где-то растет напряжение, мышцы готовятся к возможной работе, кровь начинает подпитывать ткани, надпочечники выбрасывают из своих недр возбуждающие порции адреналина. Карелу нравилось это ощущение собранности и готовности, охватывавшее его в начале всякой новой операции. Пожалуй, именно это чувство и было наиболее привлекательным в его работе, именно оно наполняло Карела уверенностью в себе и в необходимости своего дела.

Какая-то уличная красотка окликнула Карела. Начиналась та часть Марияхильфштрассе, которая на специальном городском плане, предназначенном для мужчин (его можно было купить во многих книжных магазинчиках),

была отмечеиа краснымн линиями. Реклама кино зазывала на фильм «Шведские фиги», о котором сообщалось, что он побил все мировые рекорды долголетня. Три года во всех странах Европы и других коитииеитов люди смотрят эту картину. Однако по скучающему лицу кассира, сидевшего в ярко освещеиной кассе, было видно, что «Шведские фиги» ие давали владельцу кииотеатра больших сборов.

Двери уиивермагов заглатывали последних покупателей. Карел ускорил шаги. Впереди показалось здание Западного вокзала. Карел двииулся иалево. Здесь начииался район красиых фонарей, подозрительиых кафе, сауи и других мест, которые еще только открывались и чья работа набирала силу к полуиочи, а затихала лишь в пять-шесть утра.

Теперь до его цели было уже иедалеко. Еще раз ои проверил адрес в записиой книжке, свериул в узкий н кривой переулок и еще издали увидел вывеску собачьей парикмахерской («Здесь вы сможете превратить вашу собаку в идеал красоты. Любые виды стрижек. Любые косметические услуги» и веселые собачьи морды, глядящие на прохожих с большнх фотографий), а рядом обшарпаиную дверь с унылой стандартиой вывеской «Разиые товары».

«Разиые товары» ничего ие сулили покупателю. Карел хорошо зиал эти полутемные, тесные магазинчики, торгующие всяким хламом и случайиыми вещами. И всегда удивлялся тому, что иаходятся чудаки, покупвющие всякую ерунду имеиио в таких магазиичиках, а не в сверкающих стеклом и медью огромиых универмагах и супермаркетах с вполне приемлемыми ценами.

Карел толкнул дверь, будучи стопроцеитио уверен, что сейчас раздастся надтреснутый звук колокольчнка, который предупредит продавца, мирио дремлющего в задней комнате, о иовом покупателе. И ои, коиечио, не ошибся. Колокольчик звякнул, как только дверь приоткрылась сантиметров на тридцать. Однако хозяин магазина был за прилавком и обслуживал уже находившегося там покупателя.

Карел быстро окинул помещение натренироваиным взглядом, мгиовенио фиксируя все, что может пригодиться. Кроме входной, имелась еще дверь, ведущая в глубь здаиия. Все стены занимали шкафы, которые плотно закрывали створки, выкрашенные под красное дерево. Витрии на прнлавке ие было. Нигде никаких товаров, обычно заполняющих подобные магазиички. Скорее иитерьер иапомииал аптеку или ателье по ремонту обуви.

Хозяин также мало походил на торговца «разными товарами». Карел заметил мгиовеиный острый взгляд, который он бросил на входившего покупвтеля. Карел готов был поклясться, что в его взоре уловил то ли иасмешку, то ли сочувствие. Да и внешность торговца была как-будто зиакомой. Карела ие покидало ощущение, что он уже виdел этого человека. Видел совсем иедавно, сегодня, несколько часов назад. Тренированная память прокрутила с огромиой скоростью все события, предшествовавшие прнходу Карела сюда, и, как в стоп-кадре, высветилв подземный переход и экраи моиитора с рекламным роликом. Да, пожалуй, похо-

жее лицо было у того сумасшедшего, который решил взорвать мир. На мгновенье Карела охватил страх. Предчувствие ирреального нахлынуло на него, но он быстро взял себя в руки.

Покупатель стоял к Карелу спиной и что-то внимательно рассматривал. Было тихо. С улицы донесся звук опускаемых металлических решеток. Наверное, закрывался собачий салон. Компания молодых парней с гитарой торопливо прошла мимо, проехал одинокий автомобиль, и стало совсем тихо.

— Хорошо. Я возьму его. Штепсель удобный, и мне будет нетрудно подключаться к нему. Напряжение меня устраивает.

Голос покупателя звучал как-то тускло и напоминал автоматического ответчика в телефоне на Западном вокзале.

Продавец завернул покупку, получил деньги, и покупатель повернулся лицом к Карелу, направляясь к выходу из магазина.

Когда Карел поступил в муниципальную полицию, его послали на шестимесячные курсы. И среди прочих сведений, необходимых для полицейской службы, они узнали от одного из ведущих венских психиатров о внешних признаках душевной болезни, возможности определять уровень агрессивности и опасности больного, методах первой помощи при эпилептических припадках, способах транспортировки в больницу. Карел хорошо запомнил его слова о том, что опытный врач почти не нуждается в анамнезе. Ему достаточно лишь взглянуть на человека, чтобы понять, что от него «пахнет шизофренией». Именно так выразился психиатр. И вот сейчас Карел в одно мгновенье осознал, даже не осознал, а каким-то образом учуял, что покупатель, выходящий из магазина, явно сумасшедший.

Дверь медленно закрылась, колокольчик отзвонил свою вечную мелодию. Карел повернулся к хозяину магазина и снова заметил его умный и настороженный взгляд. Впрочем, мгновение спустя он исчез, пропал где-то в глубине теперь уже холодных и внимательных глаз.

— Чем могу быть полезен?

Голос владельца магазина оказался неожиданно сочным и красивым. Этакий баритональный тенор из Венской оперы. Карел не успел ответить, как входная дверь широко и порывисто распахнулась, не дав колокольчику прозвенеть в полную силу. Только два-три сдавленных звяканья. В магазин ворвался новый покупатель. Выражение его лица все время менялось, губы двигались, гримаса искривляла щеки. Он подлетел к прилавку, не обращая никакого внимания на Карела.

— В конце концов я требую! Я им так и сказал! Вы слышите? Я им так и сказал. Пусть они отключают меня от вычислительной машины, когда я ложусь спать! Не могу же я, черт возьми, не спать, а все время считать и считать! И что же они мне ответили на это, вы спрашиваете? Ни-че-го! Им нет дела до моих страданий, до моего здоровья. И теперь я вынужден все время считать и считать!

— Безобразие, — спокойно и уверенно произнес хозяин магазина своим красивым голосом. И это единственное слово неожиданно подействовало на покупателя. Он замолчал и внимательно поглядел на продавца.

— Но вы правильно сделали, что пришли сюда. У меня есть для вас подходящая вещь.

Торговец открыл одну из створок стенного шкафа и достал оттуда небольшой прибор, передняя панель которого содержала массу переключателей, кнопок и регулирующих ручек.

— Это Новейший Автоматический Отключатель. Его принцип действия пояснит инструкция, которую вы получите вместе с прибором. Вам стоит только посмотреть раздел, который называется «Отключение от насильственного использования мозга». И будьте уверены, ни одной компании больше не удастся использовать ваш мозг вместо вычислительной машины.

Покупатель подозрительно оглянулся на Карела, схватил прибор и начал рассматривать его, сверяясь с инструкцией. Карел услышал бормотание, хотя слов разобрать не мог. И опять он почувствовал на себе быстрый и изучающий взгляд продавца этих странных изделий.

Заплатив деньги и получив свой Новейший Автоматический Отключатель, покупатель исчез за дверью магазина.

— Так чем же я могу быть вам полезен? Что привело вас сюда? Вы не принадлежите к категории моих покупателей.

Голос продавца звучал почти враждебно. Карел внимательно поглядел на него. Теперь хозяин магазина выжидательно смотрел на Карела. Карел решил действовать напрямик.

— Я из муниципальной полиции.

Удостоверение и бляха внешние не произвели на продавца никакого впечатления.

— И что же интересует полицию в моем магазине? Он имеет вывеску и зарегистрирован в муниципалитете. Я исправно сообщаю о своих доходах и вовремя плачу налоги. Что же еще может привлечь внимание полиции?

— До нас дошли слухи о том, что вы продаете весьма странный товар. Да и покупатели у вас особые. Владелец собачьего салона и жильцы дома обеспокоены. В полицию поступило несколько заявлений. Вот почему, собственно, я и пришел к вам.

Карел говорил как по наитию. Ему казалось, что для хозяина магазина его слова должны выглядеть вполне убедительно. Но, поглядев на него, Карел понял, что напрасно питал иллюзии.

— Вряд ли такой незначительный повод привел бы сюда именно вас, господин Перчи.

И хотя в голосе хозяина магазина послышались более мягкие и понимающие нотки, Карел от неожиданности вздрогнул.

— Откуда вам известна моя фамилия?

— Из газеты. Я очень люблю читать по вечерам про раз-

ные истории, которые случаются в нашей старой Вене. А вашу фамилию я запомнил из-за ее непривычного звучания. Ведь она славянская, не так ли, господин Перчи? А в прошлое воскресенье в газете была и ваша фотография. Шутка ли сказать, лучший сотрудник муниципальной полиции, раскрывший десяток опасных для города преступлений. А на память я не жалуюсь. Так что не успели вы войти в магазин, а я уже знал, кто нанес мне визит.

Карел невольно выругался про себя. Какого же он свалял дурака, разрешив поместить свой снимок в этой паршивенькой вечерней газетенке. Да еще проклятый репортеришка расписал его подвиги по выявлению социально опасных групп и организаций.

— Рад своей популярности, — произнес Карел вслух.

— Знаете что, — сказал хозяин, взглянув на часы, — мне уже пора закрывать магазин, покупателей сегодня больше не будет. Если вы не возражаете, то мы поговорим в конторе.

Карел молча кивнул. Хозяин подошел к входной двери, запер ее и пригласил Карела пройти в служебное помещение магазина.

Сразу за торговым залом было что-то вроде склада. А пройдя через него, они попали в длинный коридор с десятком дверей, выкрашенных в одинаковый серый цвет. Коридор, плавно поворачивая, уходил вправо и влево, и концов его не было видно. Карел отметил, что все двери находились только с внешней стороны, а ровно посреди пола по всему коридору тянулась темная полоса, назначение которой оставалось неясным.

Спутник Карела перешагнул через нее и пошел вправо вдоль внутренней стороны коридора, да так быстро, что Карел едва поспевал за ним. За поворотом открылось, что коридор продолжает уходить все дальше вперед, по-прежнему загибаясь вправо. И серые двери с настойчивой монотонностью возникали на противоположной стене.

Карел оглянулся назад и внутренне обозвал себя идиотом: сзади выстроились такие же однообразные безликие серые двери, и та, через которую они попали в загадочный коридор, затерялась в этом ряду, по-видимому, навсегда. Карела даже прошиб пот от его промаха. Хотя, если сосредоточиться и как следует подумать... Карел как бы отключил сознание, дал волю интуиции, подсознательным механизмам. Были случаи, когда это помогало. Вот и сейчас в нем росла уверенность, что они после того, как вошли в коридор и двинулись вправо, миновали семь дверей. Карел мгновенно успокоился. Теперь он уже вполне сознательно отсчитывал очередные двери, проплывавшие мимо. Дорога назад пока была ясна.

Он так увлекся мыслью об обратном пути, что почти натолкнулся на своего спутника, когда тот внезапно остановился. Перед ними была первая дверь на внутренней стороне коридора. И как бы для того, чтобы подчеркнуть ее значимость, неизвестный создатель странного лабиринта покрасил дверь в ярко-красный цвет. Карел обрадовался этому

неожиданному и столь удачному ориентиру. Если пойти вправо от красной двери, то семнадцатая серая дверь с наружной стороны приведет его в маленький магазинчик «Разные товары», куда около сорока минут назад вошел Карел.

Ручки на красной двери не было. Спутник Карела нажал какую-то панель в стене, и дверь мягко утонула в ней.

— Прошу! — сказал проводник Карела своим бархатным хорошо поставленным голосом.

Они вошли в довольно большой зал. Автоматически включилось ровное матовое освещение. Стена, ведущая в коридор, посветлела. Через некоторое время она была уже совсем прозрачной, почти незаметной, и отчетливо стал виден коридор. Середину помещения, куда попал Карел, занимал большой пульт с рядами сигнальных лампочек и множеством кнопок и рукояток. Мягкое операторское кресло, по-видимому, автоматически могло перемещаться вдоль полукружия пульта. Кроме непонятно для чего находившегося здесь пульта, здесь было два мягких кресла, стоявших около небольшого столика. Спутник Карела жестом пригласил занять одно из них. Сам сел в другое, так удобно устраиваясь в нем, как если бы собирался отдохнуть после тяжелой и утомительной работы.

— Кофе? Или чего-нибудь крепкого? — Тон хозяина стал столь радушным, как будто бы Карел явился к нему со светским визитом.

— Предпочитаю кофе.

Владелец магазина опять нажал на что-то невидимое Карелу, в столе открылся люк, и снизу поднялись две чашки ароматного кофе, запах которого мгновенно заполнил все пространство.

— Настоящий «Гранд-Бразиль». Другого не признаю, — произнес сосед Карела по столику. — Теперь мы можем спокойно поговорить. Ведь, как я догадываюсь, вы пришли сюда не только для того, чтобы выпить со мной чашечку кофе?

Карел предпочел промолчать. Он действительно наслаждался великолепно приготовленным напитком.

— И первым делом скажу вам, — продолжал хозяин, — что я очень рад тому, что из муниципальной полиции прислали именно вас. Это как раз то, что мне нужно. Вы удивляетесь?

Карел опять не ответил, хотя новость его весьма изумила и насторожила. Вообще, все события разворачивались совсем не так, как он себе представлял, да и все остальные на совещании в муниципальной полиции.

— Кстати, я еще не представился вам, — сказал собеседник Карела. — Хотя я уверен, что вы знаете мое имя. Должно же было ваше начальство сообщить его вам.

— Да, — подтвердил Карел. — Вы — Гельмут Пихлер, известный математик и неплохой психолог. Вы родились в 1919 году в Линце. Окончили Сорбонну и Геттингенский университет. Написали нашумевшую среди специалистов работу по теории силлогистики, в которой опровергали основные положения логики Аристотеля. Создали теорию

адаптации человека к необычным ситуациям, занимались формализацией человеческого поведения. В 1975 году неожиданно подали в отставку с поста профессора и исчезли. Вы ничего не печатали, нигде не выступали. Вас не видел никто из ваших прежних знакомых. Через положенный срок родственники возбудили дело о наследстве. Полиции нужны были доказательства вашей смерти или жизни. Поиски были трудными и долгими. Вы сменили имя. Насколько я могу судить по старым фотографиям, вы сделали пластическую операцию. Но полностью скрыться вам не удалось. И свидетельство тому — мой визит.

— Прекрасно! — Пихлер говорил по-прежнему спокойно и дружелюбно. — Мое мнение о сотрудниках венской полиции резко повысилось. Огромная информация! И всего за пять лет поисков. Браво! Я польщен таким вниманием к моей скромной особе. Но неужели одно лишь желание моих родственников завладеть скромным наследством заставило полицию столь упорно разыскивать меня?

— Нет, господин Пихлер. Не только это. Вы же сами, наверняка, понимаете, что не только это.

— А что же? Чем же еще я мог заинтересовать полицию?

— И не ее одну. Полиция лишь выполняет указания более ответственных лиц.

— Так что же нужно этим, как вы сказали, «более ответственным лицам»?

Карел решил действовать напрямик.

— Узнать подробности о вашей деятельности, господин Пихлер. Похоже, что она угрожает окружающим. Уже несколько лет врачи Вены обеспокоены необъяснимым ростом числа людей, чье поведение не укладывается в привычные нормы. Этот всплеск требует своего объяснения. Волнуются не только врачи, но и те, кто по долгу службы стоят на страже интересов народа, человечества. Привлечена к работе и полиция. Сначала никаких следов не находилось. Но потом удалось выяснить, что появление лиц с неадекватным поведением как-то связано с небольшим магазинчиком, расположенным недалеко от Западного вокзала. Так мы вышли на вас, господин Пихлер, так мы ухватились за самый кончик причин, что породили странную эпидемию душевных заболеваний. А остальное, как я надеюсь, вы раскроете сами. У меня в кармане лежит ордер на ваш арест. И не вздумайте сопротивляться или пытаться расправиться со мной. Полиция знает, где я нахожусь. Если долгое время меня не будет, вам не уйти от ответа.

То, что произошло затем, заняло не более одной минуты. С неожиданным проворством Пихлер вскочил и бросился к креслу у пульта. Карел кинулся за ним и уже несколько мгновений спустя держал Пихлера в своих железных объятиях. Но было поздно. Пихлер успел нажать на какие-то кнопки, лампочки стали мигать, на пульте зажглось красное табло с надписью «Случайное ветвление». Через прозрачную стену Карел увидел, как внешняя стена коридора начала двигаться относительно того места, где они на-

ходились. Только теперь ои понял назначенне темиой полосы на полу корндора. Внешиее кольцо все больше разгоиялось. Серые дверн мелькали быстрее н быстрее н вскоре слились в сплошную серую полосу, казавшуюся иеподвижной.

Карел отпустил Пихлера, который, впрочем, н ие оказывал сопротивления. Движение виешней части коридора замедлялось, красное табло на пульте погасло. Минут пять спустя за прозрачной стеной был снова коридор с монотоиным рядом одииаковых серых дверей по его виешней стене.

— Все, — проговорнл Пихлер с явным облегчением. — Теперь нн вы, ни я уже не найдем той семнадцатой серой дверн направо, за которой выход назад. И стало быть, у нас полно времени для того разговора, который ннтересует иас обонх.

Пнхлер спокойно вернулся к столу н сел иа старое место. Опять поколдовал пальцами, н какие-то послушные его воле автоматы подали еще две чашки кофе. Последовал приглашающий жест, н Карелу ничего другого не оставалось, как только продолжать наслаждаться великолепным «Гранд-Бразнль».

После того, как онн молча выпили кофе, Пнхлер заговорнл все тем же ровным и доброжелательным тоном.

— Вы правнльно очертнлн круг монх ннтересов. Математика, кибериетика, пснхология. Увлеченне этнмн науками прнвело меня к некоторым парадоксальным выводам, которые нмеют прямое отиошение к занимающему вас вопросу о людях с неадекватным поведеинем. Кажется, так вы выразнлись?

Но прежде мне прндется чуть-чуть рассказать о вещах, которые хорошо нзвестны тем, кто специализируется на пснхиатрни н по-настоящему формальиой логике. Как вы, должно быть, поннмаете, проблема точного описання самого болезненного состояння н его отлнчий от того, что можно было бы прннять за норму, в пснхиатрнн, пожалуй, нанболее трудна и далека еще от своего решения. Дело в том, что зачастую мы склонны считать поступки человека неправнльными, отклоняющимися от иормы не тогда, когда они иелогичны, а когда отличаются от прнвычных для нас стереотипов.

Поясню на прнмере, прнводимом нзвестным русским пснхнатром Корсаковым.

Один молодой человек вернулся домой на несколько часов поздиее обеденного времени. Его отец, придержнваясь стандартиого мышления, сделал сыну выговор за то, что тот пропустил обед, который остался несъеденным. Не говоря ни слова, молодой человек прнблнзился к окну н вдребезги разбил его. Потом пошел к следующему н сделал то же самое. Расколотив стекла в четырех окнах нз шести, ои спокойно сел на свое место. На вопрос о прнчинах столь страиного поступка сын ответил: «Отец упрекает меня в том, что хотел нстратнть 1 рубль н 20 копеек иа мой обед. Каждое окно стонт 30 копеек, н общая сумма, которая

уйдет на новые стекла, составит как раз 1 рубль 20 копеек. Отец должен быть доволен, что израсходует на меня те деньги, которые не удалось потратить на мой обед».

Корсаков считает поведение молодого человека дегенеративным. Но с его диагнозом можно и поспорить. По крайней мере при тестах на классификацию разнородных предметов, которые дают основание врачам судить о здоровье пациентов, действия больных зачастую оказываются не менее логичными, чем когда все происходит по стереотипной модели. И если, например, испытуемый кладет в одну стопку карточки с изображением карандаша и человека, а в другую — бумаги и медузы, объясняя, что у первой группы объектов есть внутренний твердый скелет, а у второй его нет, то его рассуждения выглядят не менее обоснованными, чем в том случае, когда карандаш объединяется с бумагой, а медуза с человеком.

Вообще, от распространенного заблуждения о логичности человеческих рассуждений давно пора избавляться. Об этом я впервые писал, когда подвергал критике логику Аристотеля. Вы любезно упомянули о том, что эта работа в свое время наделала много шума. Защитники Аристотеля забывают, что он не ставил перед собой цели создать логику человеческих рассуждений. Он хотел совершенно иного: построить схему, в рамках которой из посылок, априорно считающихся истинными, формально выводились бы лишь истинные с тех же позиций высказывания.

Я обращаю ваше внимание, Карел, на то, что вопрос об истинности посылок вообще при этом не ставился. Но даже и аристотелевские системы человек не использует, о чем знают все, кто занимается теорией силлогистики. Известный вам Льюис Кэрролл (тот самый, который сочинил истории про Алису) немало сил как профессионал потратил на теорию правильных рассуждений. Он привел массу удивительных примеров, когда точные по Аристотелю логические построения отвергаются большинством людей, как алогичные, в то время как неправильные признаются истинными. Вот одна из таких ситуаций.

Пусть мы принимаем на веру истинность двух утверждений: первое — никому из тех, кто хочет ехать поездом, не может достать экипаж и не имеет времени, чтобы спокойно дойти до станции, не миновать пробежки; второе — эти гуляющие люди намереваются ехать поездом, но не могут достать экипаж, зато им хватает времени, чтобы спокойно дойти до станции. А теперь, Карел, ответьте мне, следует ли, по вашему мнению, отсюда вывод о том, что эти гуляющие люди не будут бежать.

На курсах полицейских Карела считали достаточно сообразительным. Правда, им прочитали всего две лекции по теории дедуктивных рассуждений, но все-таки познакомили с понятием силлогизма. Однако, чтобы дать правильный ответ, требовалось какое-то время.

— Не будем терять времени, — сказал Пихлер. — В этом силлогизме обнаруживается...

— Он не верен, — перебил Карел. — Легко представить

себе ситуацию, когда, даже имея массу времени до отхода поезда, гуляющие совершат пробежку. Например, ради моциона. Или, стремясь выиграть время, чтобы до отхода поезда успеть пообедать в вокзальном ресторане.

— Прекрасно, Карел! — В интонации Пихлера звучало почти нескрываемое торжество. — Вы совершенно правы. Данный силлогизм ложен. Но 90% людей, не задумываясь, склонны считать его правильным и логичным. Я не ошибся в вас. Вы именно тот человек, который мне очень нужен. Но о деле потом. Итак, я продолжаю.

Ученые потратили много времени, чтобы понять логику рассуждений обычного человека. Среди них можно назвать немецкого исследователя Штрака, написавшего весьма остроумное «Введение в Талмуд», где он построил логику умозаключений, свойственную этой странной и столь почитаемой евреями книге. Английские математики Пойя и Милль ввели понятие индуктивных схем рассуждений, в которых истинность вывода принимается лишь с определенной степенью уверенности. Не буду занимать ваше время, Карел, бесконечными деталями, всяческими вероятностными и размытыми схемами рассуждений. В моей книге «Психология поведения в необычайных ситуациях» о них сказано весьма подробно. Для меня важен прежде всего главный вывод. Понятия логичности, истинности того или иного построения неоднозначны. И нет способа убедиться в логичности или алогичности рассуждения. Все определяется принятыми за основу посылками и той ситуацией, в которой используются итоговые заключения. Потому-то алогичность действий молодого человека из примера Корсакова тоже относительна. Отрицательное отношение к его поступку у людей связано лишь с непривычным для большинства способом доказательства путем битья стекол.

Пихлер замолчал. Карел пока совершенно не мог понять, что же за всем этим последует. Наступившая пауза, видимо, должна была выделить самое главное в монологе Пихлера. И Карел не ошибся. Когда Пихлер вновь заговорил, голос его зазвучал торжественно, с той особой интонацией, которую Карел про себя тут же назвал пророческой.

— И я стал думать обо всем этом, думать до боли в висках, до того, что голова наполнялась непрерывным гулом. И тогда я понял то, что долго не давалось никому в руки. Мне открылось, что множество миров одновременно сосуществует не только во времени и пространстве, но и в логических возможностях. Мир не трехмерен, как считает большинство людей на Земле, и не четырехмерен, как предполагают многие физики и астрономы да и поклонники всяческих таинственных сил. Мир пятимерен. Пятой координатой вслед за тремя пространственными и одной временной является логическая возможность! Вот в чем мое открытие!

Как только я завладел этой тайной, я бросил кафедру, скрылся от людей и занялся поиском тех возможностей, которые открывает пятое измерение. И вот тут-то меня и осенило: многие феномены неправильного, с точки зрения большинства людей, поведения легко объяснимы, если предположить, что те, чьи поступки кажутся нам алогичными,

просто выходцы из такого же мира, как наш, но только с иным значением пятой координаты. Несколько лет я потратил на то, чтобы экспериментально подтвердить мою гипотезу. Мне удалось построить установку, которая способна перемещать людей из одного мира логических возможностей в другой. Она перед вами. Мы находимся в ее центре управления. А каждая серая дверь, которую вы видите отсюда, ведет в мир со своей пятой координатой.

Пихлер посмотрел на Карела. Он явно ждал восхищения, просто изнемогал от желания услышать оценку сделанного им. Но Карел, пожалуй, впервые за время своей службы в полиции чувствовал себя растерянным. Слишком необычным и страшным выглядело сказанное. И, чтобы выиграть время, он спросил:

— Для чего же нужна эта установка и зачем вам магазин «Разные товары»?

— Она, как я уже сказал, служит для перехода из одного мира логических возможностей в другие, аналогичные ему по пространственно-временным координатам. Человек, попавший в новый мир, увидит все таким же, как и в старом, в котором был прежде. Единственно, что изменится, так это логика стандартного поведения. А магазин, вернее множество одинаковых магазинов в серии миров, различающихся логическими возможностями, нужен для двух целей. Во-первых, он осуществляет связь между мирами и установкой. А во-вторых, с его помощью я нахожу людей, которые, не будучи больными в абсолютном смысле, просто попали не в свой мир.

Пихлер опять замолчал. Тогда Карел задал еще один вопрос, пожалуй, самый главный для него.

— А зачем вам все это надо? И почему вы несколько раз упомянали, что я тоже могу быть полезен?

Во взоре Пихлера появилось что-то сверхъестественное. Лицо его приняло новое выражение, сделавшее этого странного человека совсем похожим на маньяка-ученого из рекламного ролика, который видел Карел не так давно, но все-таки уже в прошлой понятной и логичной жизни. Первые же слова, которые произнес Пихлер, выдавали в нем фанатика.

— Люди во все времена пытались понять устройство мира. Они навыдумывали тысячи самых фантастических объяснений: божественное начало религий, тайные доктрины мистиков и теософов, псевдонаучные системы, в которых Бог религий и непознаваемый разум мистических теорий элиминируются и заменяются бесконечностью. Но почему человек так хочет постичь первоосновы мироздания, для чего, не щадя себя, тратит на поиск силы, часто не спит по ночам, скверно ест? Почему отказ от этой цели, замещение ее желанием полнее удовлетворять собственные материальные потребности всегда воспринимались с осуждением в человеческом обществе? Я без труда дам ответ на подобные вопросы. Непреодолимое стремление открыть сокровенные тайны мирового бытия связано с неосознаваемой большинством людей идеей овладеть внутренними механиз-

мами универсума и использовать свои знания в узкоэгоистических целях.

Вот в чем смысл жизни человека, единственный источник и двигатель его развития. Полная и абсолютная власть над миром и населяющими его существами. Человек не хочет признавать ни Бога, ни высший разум. Он жаждет стать ими сам.

И моя теория, экспериментально подтвержденная опытами по перемещению людей в миры с другими логическими возможностями, позволяет сделать решающий шаг в достижении этой глобальной цели. И я добьюсь своего. Я буду первым из людей, кто сознательно станет Богом, управляющим множеством миров, создающим и уничтожающим их, меняющим по своему произволу стандарты поведения и оценки, которыми будут руководствоваться все живущие там. И возможно, мне удастся сотворить иной мир, где человек будет жить намного лучше, чем сейчас здесь. Нет, не думайте, что моя конечная цель — безраздельно владеть миром, она гораздо благороднее — стать добрым Богом, о котором мечтали фантазеры, утописты и идеалисты всех времен.

И Вы, Карел, мне просто необходимы. Ибо, помимо безудержного желания познать мир и овладеть им, в любом человеке заложено стремление избежать одиночества. Даже Богу нужен сатана — его сподвижник и антипод. Ведь зло и добро есть одно неразрывное целое. Дуализм всех религий, учений и научных теорий подтверждает это. Инь и ян, мужское и женское, свет и тьма. Как бы их ни называли, а только из одновременного сосуществования всяческих пар проистекает творческое начало. Я давно и безуспешно искал свою вторую половину. И убедился, подкупив врача, проводившего обследование в полицейской клинике, в том, что ваша электроэнцефалограмма и другие данные как раз те, которые мне нужны.

Вы дополняете меня, а вместе мы станем единой творческой силой, создателями новой действительности и нового человека...

Такого поворота Карел не ожидал. Услышанное им совершенно не укладывалось в голове. Ему предлагали стать сатаной нового мира, властвовать над темными силами человеческой души, толкать людей на злые дела и поступки, ибо, как считал Пихлер, только тогда удастся пробудить в человеке неодолимое стремление к самосовершенствованию. Надо было что-то предпринимать. Но что?

Пихлер заканчивал свой монолог.

— Мы вместе, Карел, осуществим эту грандиозную программу улучшения человеческого рода. А потом, создав нужный нам идеальный мир, найдем способ раз навсегда прекратить ветвление логических возможностей. Мы уничтожим пятую координату, превратим мир в четырехмерный.

Карел напряг до предела свой мозг. Он чувствовал, решение вот-вот придет, и оно нашлось.

— Не буду скрывать, Пихлер, то, что вы рассказали, надо переварить. Слишком уж все необычно и неожиданно.

Но я, по-видимому, действительно ваш двойник-половина. Мне нравится ваше предложение.

— Я в этом не сомневался, — самодовольно сказал Пихлер. — Я не мог ошибиться в вас. А теперь, если вы еще не устали, я в самых общих чертах расскажу о том, как устроена установка. Давайте подойдем к пульту.

Карел как мог сосредоточился: вот он, решающий момент.

Они приблизились к пульту, и Пихлер сел в кресло.

— Отсюда выполняются три основных вида операций, — начал он, сменив тон на лекторский. — Прежде всего, вращая внешнее кольцо установки, можно осуществлять ветвление логических возможностей, т. е. материальный переход из одного мира в другой. Вы видели, как я недавно это проделал. Теперь семнадцатая дверь направо по коридору ведет не туда, откуда мы пришли, а в какой-то иной мир. Кстати замечу, что открыть можно только ее. Остальные двери не поддадутся и пропустят в скрываемые за ними миры, лишь попав на то же самое место — семнадцатое справа от входа в центр управления.

После запуска установки двери смещаются случайным образом, но она помнит предысторию. Всегда можно вернуть то расположение дверей, которое было при прошлом ветвлении. И это второй режим работы.

Карел обратил внимание на то, что кнопки на пульте трех цветов. По-видимому, цвет означал принадлежность к одному из трех вариантов работы установки. Над каждой группой одноцветных кнопок располагалось небольшое сигнальное табло. Карел помнил, что Пихлер, производя ветвление, нажимал красные кнопки. Теперь оставалось лишь выяснить, какой цвет соответствует возвращению внешнего кольца в предшествующее положение: синий или желтый.

Пихлер как будто угадал его мысли.

— Третий тип операций, — сказал он, в упор глядя на Карела, — особого рода. Они воздействуют на того, кто находится в центре управления. Мозг нуждается в специальной подготовке, чтобы мир, скрытый за семнадцатой дверью, не оказался слишком алогичным для него. Подобная адаптация иногда просто-таки необходима.

Пора действовать, решил Карел. Он резко повернулся и попытался схватить Пихлера. Но тот был начеку. Прием оказался неудачным. Что-то темное надвинулось на Карела, тошнота подступила к горлу, сознание стало куда-то уходить. Из последних сил Карел рванулся вбок, рука автоматически выхватила оружие. Выстрел прозвучал приглушенно, как вдали, но Карел успел различить стон и понял, что не промахнулся. Когда сознание вернулось, первое, что бросилось в глаза, было красное табло с надписью «Случайное ветвление». Оно ярко светилось на пульте. Карел посмотрел в коридор. Серая вереница дверей медленно замедляла свое вращение. Неподвижные пальцы лежали на красных кнопках. Безжизненный глаз смотрел на Карела. Пуля попала в шейный позвонок. Пихлера больше не было.

Карел с трудом добрался до кресла и сел. Ему понадо-

билось минут десять, чтобы прийти в себя, и еще по крайней мере полчаса, чтобы принять решение. Он подошел к пульту. Тело Пихлера все также лежало на пульте руками на красных кнопках. Табло погасло. Коридор был неподвижным.

Синие или желтые? Карел попробовал отключить сознание. Ибо в альтернативных ситуациях без какой-либо информации оно лишь помеха, решение ищется как-то иначе. Карел закрыл глаза и вообразил, что лежит на спине в мягкой и душистой траве. От солнца идут теплые и ласковые волны света. По синему бездонному небу медленно плывут облака. Карел попытался представить себя маленькой букашкой, ползущей по нагретой солнцем травинке. Синее и зеленое сливалось воедино. Когда-то люди считали эти цвета близкими и называли их одним словом. Кажется, еще великий Гомер одинаково говорил и о цвете травы и о цвете неба. Синее и зеленое... Синее и зеленое...

Карел открыл глаза. Движения его были четки и уверенны. Он стал надавливать на синие кнопки. Через некоторое время зажглось синее табло с надписью «Возврат». Коридор снова пришел в движение. Когда оно прекратилось и табло потухло, Карел снова нажал синие кнопки. Коридор опять поехал. И тут Карел задумался: сколько же раз успел Пихлер выполнить ветвление, пока между ними шла борьба? Как узнать необходимое число возвратов?

Коридор остановился. Карелу было не по себе. Интуиция молчала. Его обморок оказался роковым. Отключенное подсознание не сохранило никакой информации о действиях Пихлера. Тогда Карел решил выйти в мир. Если он будет чужим, то можно вновь вернуться в центр управления и повторить возврат. Попыток, видимо, потребуется не слишком много. Смерть Пихлера скорее всего наступила быстро, и вряд ли он успел совершить больше двух-трех ветвлений.

Прежде чем переступить порог, Карел счел полезным пройти адаптацию, ведь то, что ждет его впереди, может оказаться совсем непривычным.

Его пальцы надавливали желтые кнопки, но табло почему-то не загоралось. Внимательно осмотрев пульт, Карел обнаружил чуть в стороне еще несколько таких же кнопок. Он нажал, и желтое табло с надписью «Адаптация» засветилось. Карел ничего не ощущал. Табло потухло. И неожиданно белым цветом зажглось большое табло над входной дверью. Карел посмотрел на него и похолодел от ужаса. То, что там было написано, звучало так же устрашающе, как библейские слова: Мене, Мене, Текел, Упарсин. Но роль Валтасара на этот раз выпала ему. Только к Карелу относилось грозное предупреждение: «Немедленно покидайте центр управления. Уничтожение установки произойдет через двадцать минут».

Остальное было как в снах его детства. Коридор, стены, сходящиеся впереди, отчаянное желание ускорить шаг и непослушные ватные ноги, ощущение неумолимо надвигающейся беды, лихорадочные попытки открыть семнадцатую дверь, которая не поддавалась. Карел ощупал стену вокруг, но все было напрасно. Лишь когда он прислонился и плот-

но прижался к двери, решив так принять смерть, раздался щелчок и она ушла в стену.

Карел очутился в помещении, напоминавшем обычный склад магазинчика. Дверь неслышно закрылась. Чуть погодя Карел почувствовал, как по телу пробежало колебание. Будто легкое дуновение, еле ощутимый толчок. Дверь, за которой был коридор, стала расплываться, терять свои очертания и превратилась в гладкую стену, точно такую же, как и все другие в этом старом венском доме. Установка больше не существовала. Мир за входной дверью в магазин был тем единственным, в котором должен был отныне жить Карел. Ничего не оставалось делать, как только открыть ее и выйти наружу...

* * *

Магазинчик с унылой вывеской «Разные товары» не сулил ничего любопытного. Рядом располагалось какое-то заведение, украшенное рекламой кошачьей парикмахерской. Скоро Карел вышел к Западному вокзалу, свернул на Мариенхильфштрассе и быстро зашагал к центру города. Закрывались большие универмаги, заглатывая последние порции покупателей. На углу у кинотеатра какой-то красавчик предложил ему свои услуги. В кино шел, как утверждали афиши, нашумевший фильм «Чешские фиги», но зрителей было мало. Настроение Карела поднималось. Это был его мир, который приветствовал своего освободителя.

Сегодня хворающая природа как никогда прежде нуждается в хорошем «домашнем докторе», который был бы способен не только правильно выявить все симптомы болезни, поставить по ним точный диагноз, назначить эффективный курс лечения, но и вовремя предупредить недуг. Современный враг все чаще в своей работе прибегает к помощи электронных информационных систем. Аналогичным образом в нашем стремлении к рациональному взаимодействию с окружающей средой мы обретаем союзника в геоэкоинформатике



Авенир Аркадьевич Воронов —
специалист по теории автоматического управления, академик, советник при дирекции Всесоюзного научно-исследовательского института системных исследований (ВНИИСИ), профессор кафедры кибернетики Московского института радиотехники, электроники и автоматики (МИРЭА), член бюро Научного совета по проблемам биосферы при Президиуме АН СССР (руководитель блока программы «Геоэкоинформатика»), лауреат Ленинской премии, автор более 180 научных работ по современной линейной теории автоматического регулирования, теориям импульсных, нелинейных, оптимальных и адаптивных систем управления.

Мирное сосуществование с природой: информационный аспект

Здесь я хотел бы поговорить о новом научном направлении — геоэкоинформатике, которая, занимаясь информационным обеспечением и автоматизацией научных исследований, а также автоматизацией управления в сфере природопользования и охраны природы, имеет своей конечной целью сделать более рациональным и совершенным взаимодействие человека с его средой обитания.

Как специалиста по теории автоматического управления меня, естественно, интересует, к каким последствиям приведет появление в поле зрения этой дисциплины нового типа объектов, весьма сложных и необычных с точки зрения традиционной научной отрасли, которая создавалась главным образом для технических систем. Теперь же речь идет об экологических системах.

Человек, по-видимому, еще не сталкивался с задачами такого масштаба, и, чтобы бросить панорамный взгляд на них, мне поневоле придется обратиться к событиям и фактам, о которых сейчас часто говорят.

Среди четырех «внешних» оболочек Земли — литосферы (твердый слой, суша), гидросферы (океаны, моря, реки, подземные воды), атмосферы и биосферы — лишь последняя пока не обнаружена на других планетах. И если в первых трех все процессы идут под диктатом законов физики и химии, то для биосферы не менее важны и другие, характерные только для нее законы. Она может существовать только в ограниченном диапазоне температур, влажности, давления, при определенном составе атмосферы. Все эти факторы меняются по ходу медленной эволюции остальных оболочек, обусловленной в основном остыванием Земли. Биосфера, чтобы приспособиться к новым условиям и выжить, проявляет активность, не свойственную миру неживого, ее действия в каком-то смысле целеустремленны, а цели многочисленны и разнообразны.

Организмы, составляющие биосферу, ведут борьбу за существование, приспосабливаются, адаптируются к изменениям внешней среды. В результате биосфера развивается, и в ней возникают новые, более совершенные виды. Так, появился тот вид, который провозгласил себя венцом творения, — гомо сапиэнс (человек разумный).

Мирному сосуществованию оболочек стала угрожать активность людей, чьи действия явно сказываются на окружающей среде. Добывая средства для своей жизнедеятельности, человек в какой-то мере разрушал природу, истреблял растения и животных, истощал почву. На протяжении многих тысячелетий это его не заботило: природная кладовая казалась неисчерпаемой, к тому же окружающая среда со временем залечила свои раны.

Но население Земли росло, совершенствовались орудия труда, ресурсов потреблялось больше, и приро-

да уже не успевала восстанавливать разрушенное. Человек стал замечать наносимый им вред и постепенно осознавать опасность. Не могло не вызывать беспокойство то, что повторяющиеся из года в год посевы одной и той же культуры истощают почву и ведут к падению урожаев, что скот вытаптывает пастбища, что вырубленные леса не восстанавливаются в ощутимые сроки, что от охоты и рыбной ловли иссякают лесная дичь и рыба. Пришлось задуматься над тем, как уменьшить ущерб.

Однако, совершенствуя земледелие (вводя удобрения, применяя пары и севооборот), ограничивая охоту и рыбную ловлю, люди не могли устранить вредные последствия полностью, и уже в древности иногда происходили экологические катастрофы. В книге «Экология человечества глазами математика» академик Н. Н. Моисеев пишет о том, что на заре цивилизации из-за неразумного использования орошения и чрезмерного выпаса скота произошла потеря плодородия в Северной Африке и на Ближнем Востоке. Но такие события пока еще были редкостью, имели местный, локальный характер и не тревожили незатронутые катастрофой соседние племена.

Но постепенно давление человека на природу стало бросаться в глаза, и отдельные мыслители время от времени высказывали серьезную озабоченность происходящим. Правда, пока это была лишь фатальная констатация фактов. События просто регистрировали, а их последствия представлялись неизбежными. Так, французский просветитель А. Р. Ж. Тюрго в XVIII в. сформулировал закон убывающего плодородия почвы как один из постоянных законов природы. Немного позднее Т. Р. Мальтус использовал этот закон для обоснования своей теории падения жизненного уровня: рост средств существования происходит по арифметической прогрессии и в силу биологических законов отстает от роста населения, происходящего по геометрической прогрессии. В начале XIX в. один из авторов термина «биология» Ж. Ламарк заявлял, что человеку суждено истребить себя после того, как он сделает Землю непригодной для обитания.

Общество не реагировало на предостережения: на слова Ламарка не обратили внимания, а теорию Мальтуса за ее «реакционные» выводы подвергли разгрому.

В конце прошлого века немецкий биолог Э. Геккель предложил назвать возникавшее новое направление «экологией», определив ее как общую науку об

отношениях организмов к окружающей среде, куда мы относим в широком смысле условия существования.

Термин «экология» происходит от двух греческих слов: первое — жилище, второе — слово, учение. «Жилищем» для живых организмов в понимании экологии служат те части каждой из земных оболочек, где возможна жизнь.

Для структурирования объекта познания понадобились такие понятия, как биоценоз (комплекс взаимодействующих между собой сообществ живых организмов, населяющих участок суши или водоема и связанных между собою и с местом их обитания путем определенных отношений) и экосистема (природный комплекс, образованный биоценозом и средой его обитания). Со структурной точки зрения экосистема — это один из уровней «надорганизменных» систем. На более низких уровнях находятся виды организмов и популяции (совокупности особей одного вида, характеризующиеся генетическим единством, длительное время занимающие определенное пространство — нишу и воспроизводящие себя в течение большого числа поколений). А выше экосистем по уровню биогеоценозы (одна из наиболее сложных природных систем, состоящая из связанных между собою путем обмена веществом и энергией экосистем, рис. 1). Под биосферой как раз и понимают объединение всех биоценозов Земли, т. е. ту ее оболочку, которая связана с действиями живых организмов и охватывает часть атмосферы, гидросферу и верхний слой литосферы (рис. 2).

Казалось бы, что с возникновением экологии биологи, геологи, демографы и другие имеющие отношение к проблеме специалисты должны были бы сразу же объединить свои силы для борьбы за охрану природы и рациональное использование ее ресурсов на научной основе. Но произошло это лишь значительно позже, почти сто лет спустя. В геккелевской экологии современники не увидели одну из важнейших вех в развитии науки. Приведу цитату из статьи Б. фон Дроста* в журнале «Курьер ЮНЕСКО» (ноябрь 1987 г.): «Как ни парадоксально, революция, совершенная в биологии дарвинизмом, не только не способствовала расцвету экологии Геккеля, но даже в определенной степени отодвинула ее на второй план, и в первые десятилетия нашего века экологические исследования про-

* В ежегоднике «Наука и человечество. 1991» (издательство «Знание») помещена статья Б. фон Дроста «Всемирное наследие». — *Ред.*

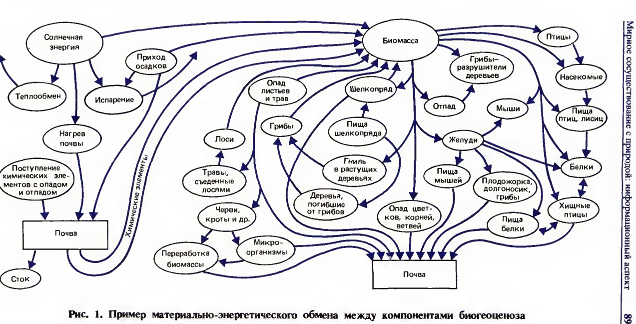


Рис. 1. Пример материально-энергетического обмена между компонентами биогеоценоза

водились на весьма ограниченной теоретической основе».

А вот любопытный факт, наводящий на мысль о том, что у нас в стране признание истинной роли экологии и работ Геккеля задержалось чуть не до 70-х годов. В статье «Геккель» из шестого тома Большой Советской Энциклопедии, опубликованного в 1971 г., говорится об исследовании ученым радиолярий, известковых губок и медуз, о развитии и пропаганде эволюционного учения, о разработке им теории морфологии организмов, гастреи, филогении, отмечаются его эклектические попытки объединить в одном учении принципы Дарвина и Ламарка, но об экологии ни слова. И только в 29-м томе БСЭ, вышедшем в 1978 г., в развернутой статье об экологии указывается, что термин введен Геккелем в 1866 г., что предыстория этой науки восходит к трудам натурфилософов Древней Греции и Рима, что ценные экологические наблюдения сделаны в работах предшественников Геккеля — Линнея, Бюффона, Палласа, Лепехина и др. и (вероятно, чтобы мы не преувеличивали роли Геккеля) что пришел он к выводу о необходимости выделения экологии в самостоятельную биологическую дисциплину под непосредственным влиянием идей Дарвина. Как видим, оценка вклада Геккеля осталась все равно сдержанной.

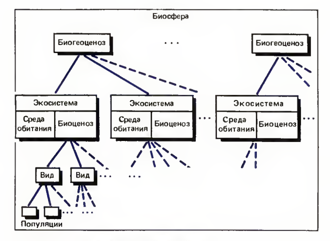


Рис. 2. Структурная схема биосферы

В 20-х годах нашего века академик В. И. Вернадский создает новую науку — биогеохимию, изучающую геохимические процессы, в которых участвуют живые оргаиизмы, и основывает учение о биосфере. Он показывает, что живое вещество воспринимает и преобразует энергию солнечиого излучеиия, вовлекает неживую материю «косных» оболочек Земли в непрерывный круговорот. Человечество, познавая законы природы, развивая науку и технику, сможет в конечном итоге оказать решающее влияние на процессы в биосфере и целенаправленным трудом создаст новую сферу взаимодействия природы и общества, в которой определяющим фактором развития будет разумная человеческая деятельность. Для обозначения этой сферы Вернадский использовал термин ноосфера (от греческих слов «разум» и «шар»).

Путь к ноосфере проходит через развитие учения о биосфере и иаучио-технический прогресс. Но этого мало, нужна еще направленная социально-экономическая деятельность общества. Научно-технический прогресс сам по себе способен как сохранить и усовершенствовать природу, так и уничтожить ее.

Идеи Вернадского были восприняты научным миром и содействовали развитию экологии, но, к сожалению, общество в целом (в том числе и те, кто обладал материальиыми возможиостями и властью) или не замечало их, или игнорировало.

Сегодня нам приходится коистатировать, что экологическая обстановка во многих страиах резко ухудшилась, а некоторые негативные явления характеризует глобальный масштаб.

Для нашей страиы роковую роль сыграла гигантомания, доведенная до крайности политика индустриализации. Мы были свидетелями того, как полстолетия один «проект века» сменял другой. Воплощениые в жизнь, они нанесли природе огромный ущерб, иногда с необратимыми последствиями. Сейчас мы многое узнали благодаря гласности. Наша история дает весьма разнообразные примеры непродуманных экологически опасных решений, неправильного управлеиия природопользованием. Вспомним, как вплоть до Заполярья насаждалась кукуруза в ущерб другим сельскохозяйственным культурам. К чему ведет злоупотребление химическими удобреииями (с благой целью повысить плодородие почв) и пестицидами (с не менее благой целью борьба с сорняками и вредителями), мы по-настоящему ощутили только недавно: отравленные нитратами и нитритами растения и почва, ДДТ да-

же в организме пингвинов. Фанатичное пристрастие к гидроэлектростанциям таких масштабов, что для них не хватает естественного водотока, тоже сыграло свою роль.

Я помню, как в мои студенческие годы лекторы, захлебываясь от восторга, говорили о строительстве каскада ГЭС в Армении, сулящем республике небывалое процветание. Из-за нехватки воды в горных реках ее пришлось брать из знаменитой на весь мир жемчужины Кавказа — озера Севан. Когда уровень воды в нем начал опускаться, строители успокаивали общественность: так, мол, и надо, все это предусмотрено, с понижением уровня на два-три метра уменьшится площадь зеркала испарения и наступит баланс. Но только когда уровень упал на 20 м, когда образовались мели, острова слились с сушей, исчезла знаменитая севанская форель, резко уменьшилась численность сига и другой рыбы, забили тревогу и стали принимать меры по спасению озера, на что понадобилось немало денег. Также лишь после того, как дело было сделано, выяснилось, какой вред природе нанесли и наносят широко разрекламированные гиганты-гидростанции на Волге и сибирских равнинных реках, где для повышения напора нужно было сооружать огромные искусственные моря, затопившие пашни, леса, луга, селения, приводящие к заболачиванию местности и гибели древесины.

Школьником я увлекался вычерчиванием географических карт, и потому мне хорошо врезались в память очертания Каспийского и Аральского морей тех лет (20-е годы). С 1929 г. уровень Каспийского моря понижался. К 70-м годам он упал на 2,5 м, площадь Каспия заметно сократилась, а освобождавшаяся суша в основном превращалась в болота и солончаки (рис. 3). Опускание уровня моря, естественно, уже давно вызывало тревогу. Объяснения давали вполне разумные, но настоящих «системных» расчетов, которые позволили бы найти наилучший способ выхода из создавшегося положения, сделано не было.

Рассматривали три основные причины. Первая возлагала вину на технические сооружения: гидроузлы и системы орошения засушливых приволжских земель забирали слишком много воды из Волги. Вторая — интенсивное испарение воды в заливе Кара-Богаз-Гол. Вода из моря попадает в залив, расположенный на 4 м ниже уровня Каспия, через узкий пролив в несколько сот метров, по сути водопад. Обильное испарение с поверхности залива делает отток стабильным,

что способствует понижению уровня моря. Третья — естественные циклы повышения и понижения уровня, периоды которых составляют сотни-десятки лет.

Для устранения первой причины пришлось бы уменьшить мощность гидростанций и сокращать орошаемые площади, на что, естественно, идти не хотели.



Рис. 3. Уменьшение площади Каспийского моря (восточное побережье с заливом Кара-Богаз-Гол) за счет понижения уровня воды в период с 1929 г. по 1989 г.

На третью причину внимания не обратили. И набросились на Кара-Богаз-Гол: возник проект сооружения дамбы, которая бы встала на пути воды из моря в залив и давала возможность регулировать сток. Поскольку в заливе из донных отложений добывали много глауберовой соли и других полезных ископаемых, полагали, что заодно его исчезновение облегчит разработку минерального сырья.

Надо сказать, что общественность не осталась равнодушной к проекту. В 1932 г. К. Паустовский протестовал в печати против сооружения дамбы, доказывая, что она не может существенно изменить уровень моря, а на месте залива возникнет бесплодная территория. Профессионалам-гидростроителям нетрудно было обвинить писателя в некомпетентности — прием, широко применявшийся до последних лет, вплоть до пресловутого проекта поворота рек, — и дамбу начали строить. Но тут вдруг еще до начала строительства уровень моря начал повышаться «сам по себе». На это тоже не обратили внимания, посчитав за причину случайные сильные дожди. Но процесс не останавливался. Сейчас нам ясно, что тогда начался очередной цикл естественного подъема, но залив уже давно превратился в ядовитое болото, извлекать из которого полезные ископаемые стало почти невозможно.

К таким же безграмотным решениям относится и искусственное насильственное внедрение монокультуры хлопка в Узбекистане, приведшее к целому каскаду тяжелых последствий сельскохозяйственного, производственного, географического, даже социального характера. Низкокачественный хлопок вытеснил ряд полезных традиционных для республики культур, потребовал неумеренного орошения, в результате чего вода перестала поступать из Амударьи в Аральское море и оно катастрофически усохло, произошло засоление и опустынивание больших территорий некогда плодородной земли, выросла безработица (исчезли традиционные сферы приложения квалифицированного труда), а на хлопковых плантациях по-варварски использовался труд детей и горожан. Все эти уродливые явления, очевидно, в немалой степени способствовали образованию мафии, обострению национальных конфликтов.

Кстати, раз речь зашла о последствиях нерационального орошения, ему же мы обязаны и своеобразным рекордом: создана первая в Европе пустыня на юго-востоке Европейской части РСФСР. Конечно, не надо думать, что бездумное широкомасштабное втор-

жение в природу — особенность одной лишь нашей страны. Вспомним хотя бы трагикомическую ситуацию со знаменитым истреблением воробьев в Китае.

Говоря об экологических потрясениях, естественно, необходимо сказать о глобальных опасностях и катастрофах. Одна из них чуть было не произошла в результате Чернобыльской аварии. Потенциальную угрозу таят в себе крупные атомные наземные электростанции, арсеналы ядерных вооружений, способные, если их привести в действие, уничтожить жизнь на Земле и, быть может, взорвать и всю нашу планету.

Несколько подробнее хочу остановиться на глобальной экологической проблеме, возникшей по вине ряда европейских стран (некоторый вклад в нее вносим и мы). Речь идет о кислотных дождях.

То, что заводы, электростанции, прочие предприятия, сжигающие твердое ископаемое топливо (уголь, горючие сланцы и т. п.), отравляют атмосферу, нам известно давно, и борьба с этим ведется также много лет. Один из старых способов заключается в строительстве высоких труб с тем, чтобы ветер рассеивал дым в необъятном воздушном океане и прилегающая к источнику загрязнения территория в какой-то степени очищалась. И два столетия вроде бы все обходилось. Но вот в 70-х годах нашего века в Норвегии, где было очень мало дымовых источников, в некогда чистейших озерах начала гибнуть форель. К концу десятилетия популяция сократилась наполовину, а к 1983 г. оставшаяся часть — еще на 40%. Исчезала и другая рыба. Примерно тогда же в Центральной Европе на первый взгляд беспричинно стали кое-где желтеть и усыхать леса. Вскоре причина стала ясной. Виноваты соседние страны с чрезвычайно сильно насыщенными промышленностью районами, где в больших количествах сжигают каменный уголь. Выбрасываемый из высоких труб дым содержит окислы серы, азота и другие вредные соединения, которые при соприкосновении со взвешенными в облаках частицами воды образуют растворы серной и азотной кислоты. Из разносимых ветром облаков на удаленных от виновника бед территориях и идут кислотные дожди, вызывающие на поверхности Земли опасные последствия.

Почва, содержащая щелочи, некоторое время противостоит действию кислот, нейтрализуя их, но с какого-то момента утрачивает способность к восстановлению и окисляется: повреждаются и погибают

деревья, прочая растительность, вредные вещества проникают в подземные воды. Кислотные осадки непосредственно воздействуют на листву, которая желтеет и увядает еще до почвенного отравления. В озерах, куда изливаются кислотные дожди или просачивается (приносится реками) окисленная вода, вымирают раки, рыба. В Европе пострадало порядка пятой части лесов, что эквивалентно пяти годичным вырубкам. Сейчас проблема кислотных дождей вышла на одно из первых (если не вообще самое первое) мест в мире среди всех других в области охраны окружающей среды.

С растительным покровом Земли связан целый комплекс экологических задач. Человечество потребляет, перерабатывает и выбрасывает в отходы примерно 40% общей глобальной фотосинтетической продукции. Каждое десятилетие исчезают тысячи видов животных, растений, микроорганизмов. Истощение природных ресурсов (прежде всего земель) уже начинает подрывать экономику некоторых стран. В наши дни изобилие продуктов питания в развитых странах сочетается с голодом в ряде регионов планеты, уносящим миллионы жизней. Правда, основную причину усматривают в социальной несправедливости, но, безусловно, экология также вносит свой вклад в бедствие. Многие из голодающих стран не могут прокормить себя и нуждаются в ввозе продовольствия потому, что их земли не способны обеспечить население всем необходимым по экологическим причинам — потеря плодородия почвами и опустынивание (в частности из-за вырубки лесов), нерациональное земледелие с отсталой технической основой, вытеснение одних культур, использовавшихся прежде в пищу, другими, выгодными для мирового рынка (например, монокультура кофе в ряде латиноамериканских и африканских стран). И видимо, ситуация может лишь усугубиться, если не принять решительных мер.

Специалисты давно уже бьют тревогу и разрабатывают предложения по предотвращению грядущих экологических катастроф, таящих опасность для всего мира. Но осознавать ее широкая общественность стала лишь сравнительно недавно, да и то не столько благодаря научным трактатам, сколько под воздействием художественной литературы, публицистики, искусства. Так, Б. фон Дрост считает, что вехой в истории экологии на Западе стала книга американской ученой-биолога Р. Карсон «Безмолвная весна», вы-

шедшая в начале 60-х годов. Нарисованная в книге мрачная картина мира, где в результате бездумного применения пестицидов навеки умолкает птичье пение, потрясла воображение читателей. Неожиданно люди по-новому осознали сложные взаимосвязи, существующие между живыми организмами и окружающей средой. В нашей стране общественное мнение пробудили взволнованные и яркие выступления ряда писателей.

Но касается это лишь последних 10—15 лет. Исследования же начали разворачиваться с 40-х годов. Использование меченых атомов позволило глубже и точнее изучить баланс энергии, энерго- и массообмен в экосистемах. Благодаря электронным вычислительным машинам существенно расширен круг решаемых математическими методами экологических задач. Космическая техника стала поставлять несравненно более богатую и содержательную информацию о состоянии биосферы. Экологи начали использовать многодисциплинарный подход к исследованиям, вовлекая в них ботаников, зоологов, географов, почвоведов, лесоводов, физиков, математиков и др. Однако вскоре выяснилось, что простой многодисциплинарности, когда каждый специалист занимается только своей узкой областью, своими задачами, а затем полученные по отдельности результаты механически суммируются, недостаточно. Нужен междисциплинарный системный подход: исследователи разного профиля должны трудиться сообща, в контакте, обмениваясь идеями в процессе работы. Мало того, «естественникам» с неизбежностью надо учиться взаимодействовать с экономистами, социологами, демографами, психологами и т. д.

В начале 70-х годов ЮНЕСКО формирует программу «Человек и биосфера», ориентированную на интернациональный интегрированный системный подход. В 1972 г. в Стокгольме проводится Конференция ООН по проблемам окружающей человека среды. В последующие годы начинает реализовываться ряд международных проектов, разворачивается научно-исследовательская база, в том числе и в развивающихся странах, ведется накопление экологических данных, под эгидой ЮНЕСКО создаются биосферные научные заповедники (рис. 4).

В тот же период оживляются экологические исследования в Академии наук СССР. Сейчас ею разработана программа (в осуществлении принимает участие большое число академических и отраслевых

институтов, вузов), включающая более 20 разделов (блоков). Блоки посвящены таким проблемам, как экология биосферы, экология человека, экология промышленного производства, сельского хозяйства, энергетики, транспорта, экологическое образование и воспитание, связь изменений климата и экологии, радиоактивность и окружающая среда, экология океана и т. д. С темой данной статьи непосредственно связаны три раздела, занимающиеся методологией системных исследований и моделированием биосферы и экосистем, проблемами совершенствования управления природопользованием и, наконец, геоэкоинформатикой.

Объекты, с которыми имеют дело эти блоки, — сложные системы с большим количеством управляе-

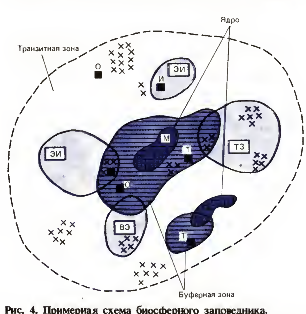


Рис. 4. Примерная схема биосферного заповедника.
В строго охраняемом ядре допускается лишь мониторинг *(М)*. В буферной зоне разрешена хозяйственная деятельность, не наносящая ущерба окружающей среде (включая научные исследования, образование, туризм — *И, О, Т*). В остальной части (транзитной зоне) возможны экспериментальные исследования *(ЭИ)* и традиционное землепользование *(ТЗ)*, ведется восстановление экосистем *(ВЭ)*. Крестиками показаны населенные пункты

мых переменных и управляющих воздействий, состоящие из многочисленных тесно связанных между собою подсистем. Еще совсем недавно кое-кому казалось, что классическая теория управления многосвязными системами с некоторой доработкой может быть применена и к подобным объектам, но в том, что это далеко не так, пришлось убедиться очень скоро. Классическими методами после некоторого их расширения удавалось иногда исследовать процессы в отдельных подсистемах. В качестве примера тут можно привести задачи о регуляции отдельных функций в организме, о росте и гибели изолированных друг от друга популяций, простейших взаимоотношениях нескольких популяций, не связанных с остальной экосистемой (например, задача «хищник — жертва»).

Однако сложные экосистемы не поддаются такому анализу, поскольку обладают рядом специфических, не учитываемых классической теорией особенностей. Прежде всего поведение входящих в них живых организмов, людей и людских сообществ нельзя описать только традиционными для классической теории дифференциальными или разностными уравнениями. Мало того, мы не знаем (по крайней мере в настоящее время), как адекватно отразить процессы в этих системах с помощью математического языка, нам неизвестны и многие параметры, которые к тому же быстро меняются в процессе работы. Далее, разные подсистемы и входящие в них индивиды обладают множеством целей, часто не согласующихся и противоречащих друг другу, трудно учитываемой свободой выбора целей и решений о способах их достижения, подчиняются не только физическим, но и биологическим, экономическим, социальным законам. Без существенного доразвития теории управления никак не обойтись. Привлекать приходится не только новый математический аппарат (а частично и создавать его), но и совершенно иные подходы, не свойственные теории управления, прибегать к помощи других (иногда совсем новых) научных дисциплин, среди которых, пожалуй, центральное место занимает информатика.

Когда есть математическое описание в виде уравнений, для того чтобы определить, как будет действовать система при некотором воздействии, достаточно найти их решение. Если же описания нет, то прогнозировать поведение объекта можно, либо поставив натурный эксперимент (далеко не всегда возможный в

реальных случаях), либо прибегнув к имитационному моделированию или «вычислительному эксперименту».

В состав математических и имитационных моделей для исследования экосистем входят электронные вычислительные машины с соответствующим программным обеспечением. В чисто математической модели программы служат для решения математических уравнений, описывающих объекты. В имитационной модели, используемой в тех случаях, когда уравнения неизвестны или их не хватает для полного описания, поведение системы имитируется с помощью алгоритмов, т. е. правил, по которым выполняются последовательности операций в машине и которые составляются на основе содержательных знаний об изучаемом объекте специалистами. Алгоритмы переводят на язык, «понятный» машине, программисты.

Моделирование — тот фундаментальный аппарат, который позволяет предсказать последствия различных принимаемых решений. Из-за неопределенности, изменчивости среды и свободы выбора в управляющих звеньях решений может быть много, и, когда принимается окончательное решение, прогноз на модели дает возможность сопоставить альтернативные варианты и выбрать наилучший. Довольно часто в процессе управления на основе данных, получаемых из анализа результатов и изменяющихся условий, приходится вносить коррективы в ранее принятые решения, а заодно подправлять структуру и параметры самой модели.

Для примера обратимся к моделированию последствий кислотных дождей. Как предотвратить их или хотя бы уменьшить причиняемый такими осадками ущерб? Могут быть приняты различные альтернативные решения. На первый взгляд самое простое, примитивное решение — закрыть вредные производства. И многие действительно так думают. Аналогичным образом рассуждали те, кто в начале промышленной революции громили ткацкие станки, видя в них виновника безработицы. Есть немало сторонников того, чтобы уничтожить все атомные станции, отказаться от химических удобрений, заменить автомобили велосипедами, иначе говоря, повернуть вспять научно-технический прогресс. Вряд ли это выполнимо.

Можно попытаться заставить предприятия перейти на другие, более «чистые» виды топлива. Но пока таких топлив в достаточном количестве нет, вариант

тоже остается полностью неприемлемым, хотя, конечно же, имеет смысл подтолкнуть промышленность к их поиску. Более реально потребовать от предприятий, чтобы они уменьшали вредные выбросы, переходя к более совершенным технологиям сжигания, используя газоочистители после сжигания или установки нейтрализации серы в топливе еще до него. Каждая из мер предполагает дополнительные затраты и снизит прибыль, что, естественно, встречает сопротивление со стороны организаторов производства и предпринимателей (потому и появились штрафные санкции за загрязняющие выбросы).

Среди других альтернативных способов — нейтрализация кислот, приносимых осадками путем известкования почвы.

Наиболее рационально, видимо, использовать весь комплекс возможных мер, для чего нужно обосновать разумное соотношение между ними, и здесь требуются прогнозные оценки не только для интенсивности кислотных осадков (ее уменьшения), но и для экономических затрат на соответствующие мероприятия и величину причиняемого ущерба (его сокращения). Но предварительно нам необходимо еще установить количественные показатели, характеризующие состояние лесов, почв, водоемов, живности в них, разработать способы для измерения подобных параметров и т. д.

Столь сложное дело вряд ли по силам какому-либо отдельному национальному учреждению и должно выполняться по совместной программе в тесном контакте организациями многих государств, а по результатам должны приниматься согласованные решения. Такую работу в 80-х годах проводил Международный институт прикладного системного анализа (IIASA) в Вене.

Согласно Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния, подготовленной Экономической комиссией ООН для Европы больше десяти лет назад (ратифицирована более чем 20 странами), выбросы серы в атмосферу предполагалось снизить к 1993 г. на 20%. Поскольку цифра была установлена на основе предварительных грубых оценок, необходимо было получить более обоснованные данные и тщательно проверить, каких результатов следует ждать от намеченных мер. В упомянутом институте с 1983 г. начал разрабатываться проект по оценке различных стратегий, в котором приняли участие представители научных учреждений 15 стран и

4 международных органнзаций, в том числе Всесоюзного научио-исследовательского нститута снстемных нсследований и Вычислительного центра АН СССР. Была построена модель RAINS (нмена дают по довольно распространенным правилам: составляют нз начальных букв полного названия модели аббревиатуру, которая совпадает по написаиию с некоторым словом, в какой-то мере характернзующим смысл работы; в нашем случае в переводе с англнйского будет «дожди»).

Модель начала работать еще в незавершенном (неполном) виде н наращивалась в процессе использовання. Укрупненная схема ее первой очереди показана иа рнс. 5. Здесь учитывается только влиянне окисла серы SO_2 (сернистого ангидрида), поскольку это самый снльнодействующий компонеит в выбросах, да и ниформации о его количестве и влнянии иа экологию вполне достаточно. По мере накопления даниых модель дополняется блокамн, учитывающими влнянне все большего числа прнмесей.

О чем говорят результаты прогиоза на ней ожндаемых кислотных осадков для разиых районов Европы в 2000 г.? Такие осадки прн регулировании по предлагаемым ннстнтутом стратегиям заметно уменьшатся, но для их реализации имело бы смысл создать централизованный финаисовый фонд (многомилли-

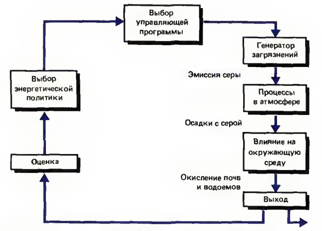


Рис. 5. Укрупнеиная схема модели RAINS (первая очередь)

ардиый). Цеитрализация целесообразна, поскольку затраты при выполиеиии рекомендаций неодинаковы для всех стран (иапример, велики для Рура, Силезии), а в предотвращении вредных последствий заиитересоваиы все государства.

Другая иитересная работа института показывает, как взаимосвязаны различиые измеиения в атмосфере и аитропогеиные воздействия (рис. 6).

Тем, кто строит подобиые модели, конечио, хотелось бы, чтобы все показатели состояния экосистем были выражеиы количественио. К сожалению, сегодня только сравнительно иебольшая часть параметров может быть измерена, и чаще оии задаются «содержательио», путем словесиого описания. Величины оцениваются качествеиио с помощью несколько расплывчатых поиятий: большой, средний, малый и т. п. По мере углублеиия иаучиых исследований доля количествеиных показателей растет, ио все равно даиных описательного характера, вполне понятиых человеку и совсем иевразумительиых для машины, еще слишком много. Потому современные экологические модели — человеко-машииные, осиовывающиеся иа диалоге исследователя и ЭВМ.

Вот и рис. 6 представляет описательную ииформацию, имеющую лишь в иекоторой степени формализованный вид. Если квадрат иа пересечении какой-либо строки и столбца пуст, то это озиачает, что даиный вид деятельиости ие влияет иа соответствующее свойство атмосферы. Так, животиоводство иикак ие связано с образованием тумаиов или кислотиыми осадками, ио оказывает заметиое (оцениваемое как средиее) воздействие иа тепловое излучение и окислительные свойства атмосферы в животиоводческом районе. Сгорание биомассы (например, лесиые пожары) сильио влияет иа прозрачность атмосферы и ее окислительную способиость. Но абсолютный рекордсмен все-таки — сжигание ископаемых топлив, от которого зависят все упомянутые здесь свойства атмосферы, причем в большой степени. Правда, ряд зависимостей поддается регулироваиию: скажем, образование смога предотвращается или полным сгоранием, или устаиовкой фильтров, а кислотные осадки — очисткой топлива от серы. Мы видим, кроме того, что не всегда удается обеспечить и должную надежность оцеиок.

Печальиый опыт бездумных трат на фаитастические «проекты века» с очевидиостью говорит об обязательиости глубокой высококвалифицироваиной все-

сторонней экспертизы с особым акцентом на проблемах экологии. И моделирование здесь — мощнейший инструмент. В качестве экспертов должны выступать профессионалы высокого класса, обладающие большим запасом знаний и опыта в своей сфере, хорошо знакомые с принципами общей экологии и возможностями вычислительной техники. Конечно, встретятся и такие системы, о которых накоплено еще недостаточно информации. Тогда на помощь придет аппарат современной информатики и теории управле-

	Поглощение ультрафиолетового излучения	Тепловое излучение	Фотохимический смог	Окислительная способность	Кислотные осадки	Видимость (прозрачность)	Коррозионное воздействие
Загрязнение океанов и рек							
Растительность							
Животноводство							
Сжигание биомассы							
Производство зерновых							
Сжигание ископаемых топлив							
Промышленное производство							

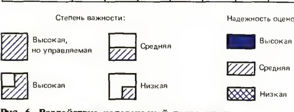


Рис. 6. Воздействие человеческой деятельности на атмосферу. Строки — разные виды хозяйственной деятельности, столбцы — изменение свойств атмосферы (IIASA)

ния. Причем могут использоваться системы моделей разного уровня и масштаба, куда включаются и отдельные элементы реальных объектов, доступные для лабораторного эксперимента. Скажем, в едином комплексе объединяются математическая модель корабля и реальная аппаратура управления.

Сбор той информации (большой по объему, разнообразной по своей природе и форме) о параметрах, характеризующих состояние экосистем и внешней среды, которая потребуется для работы на моделях и при других исследованиях, должен вестись повседневно и регулярно. Для подобного, опирающегося на разнообразные технические средства непрерывного сбора данных, по существу, наблюдения за природой (мониторинга) в упомянутой программе АН СССР есть специальный блок, но в различной степени тем же придется заниматься и при реализации почти всех остальных разделов. Понятно, что не останется в стороне и геоэкоинформатика.

Организуя сбор и обработку экологических данных, мы сразу же попадаем в парадоксальную ситуацию. Биосферную информацию получают в огромных количествах многочисленные организации. Основную ее часть поставляют искусственные спутники Земли. Но для детального мониторинга одного космического источника мало, и он дополняется аэрофотосъемкой с меньших высот и наземными наблюдениями, которые ведутся на множестве стационаров, станций, полигонов различных ведомств и в экспедициях. Информации, как необходимой, так и попутной («на всякий случай»), накапливается столько, что с ее восприятием и переработкой не справляются не только люди, но и самые мощные ЭВМ. Трудно сказать, какая часть собираемых сведений используется и затем хранится, а какая уничтожается после использования или выбрасывается сразу еще до него. Думаю, что соотношение между этими долями может быть оценено в два порядка, т. е. как 1:100:10 000.

С другой стороны, без конца говорят о том, что собираемой сегодня информации недостаточно для решения современных задач экологии. Вот и мы отмечали, что мало еще данных о содержании в отходящих газах окислов азота и их влияния на среду. Даже по основным компонентам континентальных и морских экологических систем информация очень неполна. Например, мы хотя бы приблизительно не знаем числа всех существующих видов организмов:

по очень неточным оценкам, их от 5 до 50 млн., но описана только треть от первой цифры. Особенно сильно ощущается недостаток в количественных значениях параметров, характеризующих живую природу.

Геоэкоинформатика должна не только выявлять недостающую информацию и разрабатывать способы ее пополнения, но и заниматься инвентаризацией получаемых данных, их сортировкой, отсеиванием ненужной части. Те, кто видел фотографии местности, снятые с движущихся объектов, знают, что иной раз всевозможные помехи («смазывание» и пр.) совершенно «забивают» истинное изображение. Подчас о его содержании даже трудно догадаться. Надо уметь избавляться от излишней информации. И методы «очистки» тех же космических снимков создаются. Скажем, по специальной технологии, предложенной Институтом проблем передачи информации АН СССР, обрабатывались снимки поверхности планеты Венера, полученные с помощью советских межпланетных станций.

В оставшейся после отбраковки и первичной обработки информации все еще много дублирующихся и мало информативных данных, и потому часто целесообразно выполнить ее «сжатие» и затем уже использовать. Один из путей здесь — построение из многих показателей одного обобщенного, интегрированного, способного полноценно представлять все их множество в той или иной конкретной задаче. Простейший пример — вычисление среднего арифметического, скажем, усредненной температуры для района. Существует немало совершенных способов сжатия, основанных на весьма тонких математических построениях. Подобным образом делаются «обобщенные портреты» местности или вида организма.

Всем знаком и такой наглядный и широко распространенный вид сжатого и компактного представления в картографии, как изолинии (линии равного значения параметров): изотермы (линии равных температур), изобары (равных давлений), изобаты (равных глубин), изогипсы (равных высот), изоклины (равных наклонов) и т. п. Когда на карту нанесено семейство изолиний, мы всегда можем приближенно вычислить, применив тот или иной метод интерполяции, значение параметра и в любой точке между ними.

Большая часть экологической информации пред-

ставляется как раз в виде географических карт с изолиниями. И чтобы иметь возможность шире использовать ЭВМ при обработке информации, нужны современные методы перевода картографического представления в цифровое и хранения подобных данных. Этим также занимается геоэкоинформатика.

Мы все еще не умеем в общем случае вводить интегральные комплексные характеристики, которые отражали бы изменения свойств и ход различных процессов в биологических системах в целом. И даже располагая огромным объемом знаний о той или иной природной системе, мы все равно не можем судить об общей тенденции без таких характеристик, и никаким числом частных параметров их заменить не удается.

После обработки информация вводится в оперативную или долговременную память ЭВМ: что-то записывается на различные носители (бумажные, магнитные и т. д.), что-то поступает в «архив», в банки данных. Отсюда-то данные извлекаются по мере надобности. Банки данных для удобства пользования ими должны быть распределенными и организовываться по разным признакам: исходя из содержания информации (океанографическая, сейсмическая и т. п.), из степени интегрированности (более детальная в низовых ячейках соответствующего профиля — станциях, полигонах; более обобщенная на высших уровнях управления). Конечно, структуры банков данных и геоэкоинформационных центров (региональных, городских, областных, республиканских, всесоюзных для информации высших государственных органов и связи с международными центрами) обязательно должны быть согласованы между собой. Тут возникает целая вереница вопросов. Какова рациональная структура центров и какие связи нужны между ними? Как облегчить доступ к данным и как управлять банками данных? Как предотвращать утечку информации по непредусмотренным каналам? Каким образом уберечься от дезинформации и информационных «вирусов», разрушающих и искажающих информацию?

Понятно, что начинать надо с объединения в сеть существующих отраслевых станций и центров, но предварительно необходимо разработать стандарты на формы и параметры информации, обеспечивающие ее совместимость и доступность во всей сети с учетом существующих международных норм.

Поскольку геоэкоинформационные центры видят-

ся как советчики и помощники руководящих органов при принятии ответственных решений, в их штат войдут эксперты, способные в диалоге с машиной давать заключения. Понадобятся и искусственные экспертные системы: «банки знаний», содержащие концентрированный опыт специалистов в виде рекомендуемых наборов управляющих решений для всякого рода типовых ситуаций, оценки альтернативных вариантов и т. д. Таким рекомендациям, видимо, целесообразно придать форму, в чем-то напоминающую медицинские справочники: в соответствии с «диагнозом» состояния природных систем, поставленным машиной на основании анализа поступившей информации («симптомов»), дается перечень предписываемых мероприятий. Естественно, научную основу для подобных экспертных систем, создаваемых на принципах теории искусственного интеллекта, также обеспечивает геоэкоинформатика.

Само собой, для человеко-машинного диалога нужны новые, близкие к «естественным» языки общения с ЭВМ, которые давали бы возможность задать ей вопрос на понятном специалисту данной конкретной области языке и получить ответ также в привычной форме при минимальной помощи программиста или вовсе без всякого посредничества. Это сделало бы ЭВМ гораздо доступнее для экологов, биологов, почвоведов и всех других, кто не имеет специальной подготовки по вычислительной технике и программированию.

В заключение несколько слов об экологическом воспитании и образовании.

Проектировщик современных крупных сооружений, обладающий даже самой высокой квалификацией в своей области, но недостаточно компетентный в вопросах экологии, увлекаясь грандиозностью своего замысла, нередко создает системы, причиняющие природе огромный ущерб, зачастую воздействующие на нее необратимым образом. Однако и слишком эмоциональный «защитник природы», не совсем хорошо разбирающийся в технике и экономике, также может, ссылаясь на экологию, нанести немалый вред и встать на пути научно-технического прогресса. Преследуя благую цель — сохранить девственность природы, он требует полностью прекратить строительство атомных (опасность «второго Чернобыля»), тепловых (угроза загрязнения воздуха) и гидроэлектростанций (затопление плодородных территорий), больших и малых промышленных предприятий и даже...

благоустроенных зоопарков. Он, конечно, не прочь воспользоваться энергией и всякого рода изделиями, хочет и развлечений, да только производиться все должно где-нибудь подальше от его жилья, рядом с кем-нибудь другим. Что же, «групповой эгоизм» известен с давних пор. И если Жан Жак Руссо призывал вернуться к «естественному состоянию» человечества (известно, что Вольтер высмеивал «охоту поползать на четвереньках»), то логическим продолжением тут может быть желание уничтожить железные дороги и самолеты, чтобы не было крушений поездов и авиакатастроф, линии электропередач, которые губят иногда не только птиц, но и людей.

Человечество уже не способно выжить без научно-технического прогресса. Не препятствовать ему нужно, а стремиться к большей надежности и безопасности, находить способы рационального природопользования, учиться восстанавливать разрушенное человеческой деятельностью. Обязательной должна стать и квалифицированная экологическая экспертиза крупномасштабных да и многих других проектов, основанная на глубоком научном анализе и прогнозах.

Настало время, когда практически каждый специалист должен не только получать узко профессиональную подготовку, но и овладевать необходимым минимумом экологических знаний. Компьютеризация вторгается ныне почти во все сферы человеческой деятельности, включая и школьное образование, и потому в экологическом просвещении не последняя роль отводится геоэкоинформатике.

Экологическое образование завтрашнего дня видится непрерывным и многоуровневым. Так, хотелось бы, чтобы простейшие знания и элементы экологической культуры дети приобретали в семье и начальной школе: надо прививать бережное отношение к природе, неприязнь к браконьерству, отучать от вредной привычки бездумно захламлять ее, бесконтрольно разводить костры, наносить повреждения растениям и животным и т. д. В средних и высших учебных заведениях, чьи выпускники будут иметь хоть какое-то отношение к воздействиям на окружающую среду, понадобятся уже самостоятельные курсы по общей экологии, равноценные тем, что читаются по технике безопасности. А поскольку чуть ли не в любой профессии неизбежно придется сталкиваться с достаточно тонкими экологическими задачами, все многообразие которых предусмотреть в подобных

общих курсах нельзя, готовить «узких» экологов, специализирующихся на экологической стороне дела в своей отрасли. Но помимо экологов-отраслевиков (эколога-технолога, эколога-агронома и т. п.), само собой разумеется, должны появиться и высококвалифицированные «чистые» экологи (как есть «чистые» математики).

Надо думать, что подобные специальности в скором времени появятся в официальном реестре вузов и научных учреждений. В опытном порядке подготовка студентов соответствующего профиля уже ведется в ряде вузов (МГУ, Московский физико-технический институт и др.). Хочется пожелать, чтобы положительный опыт этих экспериментов получил освещение в научно-популярных и других изданиях.

Одним ученым, инженерам, руководителям народного хозяйства со всеми этими грандиозными задачами не справиться. Это дело всенародное. Только экологически культурному и образованному обществу по силам построить ноосферу. Если победит противоположная тенденция, мы в конце концов разрушим биосферу и погубим себя.

Добиться высочайшей надежности, полностью исключить аварии в атомной энергетике не удастся без научно обоснованного контроля за ходом событий в окружающей природе. Касается это и геологической обстановки



Генрих Кондратьевич Бондарик —
специалист в области инженерной геологии, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры инженерной геологии Московского геологоразведочного института, председатель комиссии по математическим методам Научного совета по инженерной геологии и гидрогеологии АН СССР, создатель общей теории инженерной геологии и теории геологического поля, заслуженный деятель науки РСФСР.



Владимир Михайлович Швец —
специалист в области геохимии подземных вод, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой гидрогеологии Московского геологоразведочного института, заместитель председателя Научного совета по инженерной геологии и гидрогеологии АН СССР, лауреат Государственной премии СССР и премии имени Ф. П. Саваренского АН СССР, заслуженный деятель науки РСФСР.

О геологическом прогнозе и мониторинге в атомной энергетике

Взаимодействие человека с природой. Все больше тревожных нот слышится, когда говорят об этом. На Глобальном форуме по защите окружающей среды и развитию в целях выживания, проходившем в Москве в январе 1990 г., произносились такие слова, как «на карту поставлено будущее человечества», «экологическая катастрофа нависла темной тенью над каждым человеком планеты Земля». Особую озабоченность в мире вызывают атомные электростанции.

В отличие от большинства других промышленных объектов их воздействие на окружающую среду связано еще и с чрезвычайно опасным радиоактивным загрязнением.

Уже сейчас в двух десятках стран мира работают сотни АЭС, около полутысячи проектируются. Существуют оценки, по которым в 2000 г. атомные станции будут производить почти половину энергии, а к 2020 г. даже свыше 60%. Подобные прогнозы заставляют самым серьезным образом ставить вопрос о всем комплексе взаимосвязей АЭС с окружающей средой. Причем речь идет не только об абсолютной недопустимости аварий да и вообще аварийных ситуаций и обеспечении беспрецедентной надежности (условия нормальной работы весьма жесткие: так, осадка главного корпуса не должна превышать 15 см, а крен (тангенс угла наклона) фундамента реакторного отделения — 10^{-4}, требуется полностью исключить малейшую возможность подтопления подземных частей у зданий и сооружений, поскольку именно там во множестве располагаются коммуникации и трубопроводы). Проблема гораздо шире.

Нельзя забывать и о тепловом загрязнении природной среды, которое сопряжено с эксплуатацией АЭС. Современные атомные станции потребляют очень много воды для технологических нужд, которая иной раз просачивается в грунт, помимо прочего уменьшая его прочностные свойства, активизируя опасные геологические процессы. Сброс горячих вод влияет на экологический баланс гидросферы. Теплая, подчас загрязненная вода, попадая в водоносные горизонты, распространяется на значительные расстояния. Она существенно снижает качество подземных вод и на больших площадях ухудшает агромелиоративное состояние сельскохозяйственных угодий. Страдает и поверхностная гидросфера. Подсчитано, что сброс технологической воды с одной станции, расположенной в бассейне Днепра, может повысить температуру в реке на 2—3° С, а иногда и на 8—10 К по сравнению с естественной. Потепление пагубным образом сказывается на санитарно-бактериологической обстановке в водоемах, усиливает агрессивное воздействие вод на геологическую среду.

Мы здесь не касаемся такой сложной задачи, как обезвреживание и захоронение радиоактивных отходов, которая способна сама по себе замедлить развитие всей отрасли.

И хотя в последнее время, особенно после аварий

на некоторых АЭС, идут довольно оживленные споры о будущем атомной энергетики и чуть ли не о возможном свертывании работ, надо срочно позаботиться о модернизации существующих и организации новых систем мониторинга на АЭС. Более того, это требование не потеряет своей силы даже в том случае, если остановить все реакторы и уничтожить все действующие атомные энергетические установки. И после ликвидации АЭС не прекратится функционирование локального природно-технического комплекса, в котором сложнейшим образом переплетаются самые разные, в том числе и геологические, процессы, порождаемые естественными и искусственными причинами. Продолжится взаимодействие сооружений с прилегающей областью литосферы, хотя его режим изменится и станет переходным к новому равновесному состоянию, при котором к естественным факторам возвратится их определяющая роль. Сказанное касается, в частности, уплотнения, напряженного состояния, температуры и других свойств грунтов в основании конструкций, разнообразных гидрогеологических эффектов в зонах аэрации (контакта с воздушной средой), распространения грунтовых и вообще подземных вод. На то, чтобы обрести новое равновесное состояние, как показывает опыт, нужно не одно десятилетие. Контролировать ситуацию и вести наблюдения необходимо весь переходный период. Слежение за многочисленными параметрами должно осуществляться в рамках мониторинга АЭС, который в качестве подсистемы включает литомониторинг (наблюдение за геологической средой). Если же мы говорим о действующих станциях, то вопрос о мониторинге вообще не требует обсуждения: это абсолютно обязательная служба в атомной энергетике.

Научная организация мониторинга (т. е. определение набора регистрируемых независимых переменных, числа пунктов, где собирается информация, иерархической и пространственной структур, режимов измерения характеристик и т. д.) базируется на концепции природно-технической системы. Касается это, конечно, и литомониторинга.

АЭС вместе с взаимодействующими с ней областями атмосферы, поверхностной гидросферы, литосферы, естественными и искусственными биоценозами образует самостоятельную региональную природно-техническую систему. Надо сразу сказать, что контуры такой системы, как правило, не совпадают с границами санитарно-защитной зоны, которая обычно за-

нимает меньшую территорию, хотя по логике вещей наблюдениями должна быть охвачена вся региональная система вокруг АЭС. Между тем зона наблюдения чаще всего устанавливается чисто формально, по существующим нормативам.

Согласно нормативным документам эта территория представляет собой круг, чей центр задается расположением АЭС, а радиус никак не зависит от конкретных природных условий. Положение о минимальном расстоянии до городов — не менее 25 км при населении свыше 300 тыс. человек и не ближе 40 км, когда население превышает 1 млн., — не выдерживают никакой критики. Ведь уже сегодня наука располагает возможностью обоснованно определять границы необходимой санитарно-защитной зоны (зоны наблюдений), которая совпадала бы со всей природно-технической системой АЭС. Территория такой системы вовсе не круг, она имеет сложную конфигурацию, зависящую от местных условий.

Под прямым техногенным воздействием развивается и функционирует лишь ближайшее окружение АЭС (т. е. относительно небольшая площадь). Максимальны же по размеру область взаимодействия с атмосферой и в общем отвечающая ей зона распространения соответствующих биоценозов, где протекают техноплагенные (косвенные) процессы, идущие по схеме: АЭС и ее сооружения воздействуют на атмосферу, а уже через нее на прочие компоненты природной среды (живое вещество, почвы, зону аэрации, грунтовые и межпластовые воды, горные породы). Понятно, что перенос химических элементов, чьи ядра способны к радиоактивному распаду (радионуклидов), в атмосфере, гидросфере, биосфере, литосфере во многом определяет экологическую чистоту станций и требует тщательнейшего изучения и учета. Причем делать это надо еще при планировании АЭС (выборе региона), на стадии предпроектных проработок, уже тогда нужно установить примерные границы областей с техногенными и техноплагенными взаимодействиями. Современный уровень знаний позволяет в первом приближении определить конфигурацию и структуру будущей природно-технической системы уже в ходе экологического и технико-экономического обоснования АЭС, при выборе оптимальной площадки для ее размещения.

Как свидетельствует опыт, накопленный в СССР и за рубежом, у атомных станций может уменьшаться надежность из-за того, что на стадии проектирова-

ния недостаточной была изученность геологических условий или недоучитывались некоторые виды взаимодействий сооружений с окружающей средой. Иногда на подобных объектах активизируются карстовые, оползневые и просадочные явления, происходит подтопление территории и т. д. Так, на Ровенской АЭС неверно оценивались последствия карстовых и карстово-суффозионных процессов, из-за которых теперь возникают провальные воронки.

Из семи действующих и строящихся объектов атомной энергетики на Украине пять размещены в неблагоприятных геолого-тектонических и инженерно-геологических условиях.

Полное представление о структуре области взаимодействия в пределах каждой геооболочки (атмосферы, гидросферы, биосферы, литосферы) и в целом необходимо получить на предпроектной стадии. Понятно, что эта структура находится в прямой зависимости не только от местных природных условий (в том числе геологической обстановки), но и от выбираемого местоположения АЭС и планируемых технологических режимов ее работы.

Найти оптимальное решение для АЭС (с экологической и технической точек зрения) нельзя без детальных прогнозных оценок конфигурации, пространственных отношений и характера функционирования элементов, которые составят будущую природно-техническую систему станции, и без четкого ответа на вопрос о том, каковы вероятности возникновения тех или иных процессов (главным образом инженерно-геологических и гидрогеологических), масштабы их проявления, интенсивность и т. д.

Сравнительный анализ прогнозов для различных альтернативных конструктивных и компоновочных решений позволяет указать оптимальный (в экологическом и экономическом смысле) вариант АЭС. Тогда же составляется и проект мониторинга (литомониторинга), основывающийся на прогнозе будущего функционирования станции: обосновывается структура системы наблюдений для каждого элемента природно-технической системы, и для нее в целом разрабатывается конструкция пунктов сбора информации (наблюдательных скважин, глубинных реперов, марок, пьезометров и т. д.), выбираются методы проведения измерений.

Предварительные инженерно-геологические изыскания имеют цель не только получить детальную информацию о свойствах будущей природно-техни-

ческой системы, но и выяснить исходную экологическую обстановку.

Мониторинг должен быть организован с самого начала строительства. Ведь планировка территории, вскрытие котлованов и вообще строительные работы воздействуют на растительность, почвы, горные породы, грунтовые воды. Вот почему сразу надо следить за изменениями природных условий и проверять правильность данных прежде прогнозов, т. е. по сути вести оперативную инженерно-геологическую разведку, включающую, в частности, наблюдения за режимами функционирования отдельных подсистем окружающей среды и геотехнический контроль. В ходе строительства постепенно формируются элементы литомониторинга (в том числе пункты получения информации), которые впоследствии войдут в систему литомониторинга АЭС. Обычно отслеживаются процессы разуплотнения грунтов и их последующего уплотнения (осадка сооружений), уровень грунтовых вод, их режим, химический состав и т. д.

Чтобы наилучшим образом управлять природно-технической системой АЭС, требуется соответствующее информационное обеспечение. Оно включает сведения, относящиеся к той сфере эксплуатации станции, которая отвечает за устойчивость сооружений, сохранность их конструкций, безаварийную работу фундаментов и безопасное развитие инженерно-геологических процессов. Специалисты, принимая решение изменить режим эксплуатации АЭС, опираются на данные о нынешнем и будущем состоянии природно-технической системы вокруг нее, которые дает возможность получить мониторинг (литомониторинг).

Об этой службе в период ликвидации АЭС мы уже говорили.

Итак, что же включают те научные работы, которые кратко зовутся мониторингом и охватывают все этапы жизни (планирование, проектирование, строительство, эксплуатацию, ликвидацию) АЭС?

Назовем основные составляющие.

1. Обоснование набора переменных, характеризующих состояние всей природно-технической системы и ее отдельных компонентов.

2. Оценка области допустимых состояний этой системы.

3. Разработка машинных способов, позволяющих перманентно прогнозировать состояние системы на заданный срок упреждения.

4. Создание (выбор) методов для изучения характера (пространственного распределения, режима, интенсивности и т. д.) естественных взаимодействий между внешними геооболочками в локальном масштабе.

5. Обоснование объемов и специфики инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий на этапах планирования, проектирования, строительства станции.

6. Отработка методов наблюдения за ходом процессов искусственного происхождения в рамках литомониторинга и выбор режимов для измерения различных параметров (одни, характеризующие быстро протекающие процессы, нужно определять часто, другие — изредка).

7. Выработка требований, предъявляемых к инженерно-геологической и гидрогеологической информации с точки зрения ее объема и свойств (точность и доверительная вероятность при оценке геологических параметров, точность, надежность, объем, полнота неколичественной информации и т. п.).

8. Обоснование характера литомониторинга и его пространственно-временной структуры.

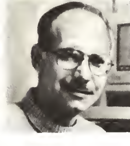
Представляется, что у мониторинга АЭС должен быть единый центр прогноза, обслуживающий все компоненты природно-технической системы: и искусственные (сооружения), и естественные (области взаимодействия геооболочек). Система мониторинга может входить на правах самостоятельного подразделения в АСУ АЭС.

Подытоживая, подчеркнем, что без мониторинга нельзя оптимально управлять природно-технической системой станции, обеспечить ее полностью безаварийную эксплуатацию и экологическую чистоту.

Перед вами проект удобного, экономичного, безопасного и в принципе осуществимого сегодня корабля для межзвездных путешествий: термоядерный двигатель, лазеры и электромагнитные пушки, магнитное зеркало, сверхпроводящий тор...



Александр Викторович Багров —
астроном, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник Астрономического совета АН СССР, автор 20 научных работ и 4 изобретений. Занимается конструированием приборов для астрономических наблюдений, исследованиями искусственных спутников Земли, проблемами аномальных явлений (НЛО) и контакта с внеземными цивилизациями.



Михаил Александрович Смирнов —
астроном, кандидат физико-математических наук, научный сотрудник астрономического совета АН СССР, автор около 50 научных статей и 3 изобретений. В круг научных интересов входят исследования искусственных спутников Земли, задачи астрофизики, проблемы контакта с внеземными цивилизациями.

XXI век: строим звездолет

Мы вправе считать, что экспансия в окружающее пространство — неотъемлемое свойство всего живого, и видеть в ней стимул для дальнейшего развития. Касается это, естественно, и сообщества людей. Земное человечество за тысячи лет своего существования освоило почти всю планету и вплотную приблизилось к новому этапу в эволюции — освоению околоземного космического пространства. Сейчас никто не знает, когда цивилизация распространит себя на всю Солнечную систему, но можно смело утверждать, что задолго до того земляне начнут прокладывать пути к другим звездам, как с целью изучить глубины космоса, так и в

надежде установить контакт с обитателями иных миров.

Опыт, которым мы располагаем, говорит о том, что сам человек все реже берет на себя роль пионера-первооткрывателя, рискующего своей жизнью на тропах неизвестного, а чаще и чаще поручает ее автоматическим зондам. Исследовательские аппараты уже проникли во все уголки Солнечной системы, добрались до самой дальней из планет — Нептуна*, а люди еще только достигли Луны и смогут полететь к другим планетам лишь в следующем столетии. Без сомнения, автоматы — это как раз те средства познания Вселенной, чьи полеты всегда будут предварять космические путешествия человека.

Наши возможности исследовать и осваивать далекие пространства во многом зависят от скорости полета рукотворных аппаратов. Если на путь до Нептуна межпланетный зонд «Вояджер» затратил 12 лет, то при той же средней скорости 20 км/с добраться до ближайшей звезды Альфа Центавра можно будет лишь за 80 тыс. лет.

Беспилотные аппараты в отличие от пилотируемых обладают тем важным преимуществом, что могут посылаться в одном направлении, без возвращения на Землю. Отпадает потребность в запасах топлива на обратную дорогу и торможение у Земли. И потому может быть увеличена скорость.

Разрабатывая аппарат для дальних космических экспедиций, крайне важно оценить время, которое придется затратить на перелет. Очевидно, что путешествия, продолжающиеся целое тысячелетие, нас никак не устраивают, даже если вся исследовательская аппаратура будет до конца безупречно работать. Но с другой стороны, безусловно, оправдала себя посылка зондов к телам Солнечной системы, на путь до которых уходили годы и даже десятилетия. Сколько же должен длиться полет к звездам, чтобы не потерять смысла?

Мы бы предложили в качестве отправного такой критерий: продолжительность полета, имеющего цель получить новые сведения об удаленном объекте, не должна превышать времени, за которое удвоится информация об этом объекте при условии, что данный полет не состоялся.

Вообще же оценка полезности должна носить некий стоимостный характер и исходить из «цены»

* Плутон, чья орбита сильно вытянута и частично заходит внутрь орбиты Нептуна, до 1999 г. будет ближе к Солнцу, чем Нептун, который сейчас — самая дальняя планета.

экспедиции и ценности ожидаемых от нее результатов. Ресурсы цивилизации не бесконечны, и сверхзатраты не всегда окупаются «сверхприбылью» от нового знания, сколь бы заманчивым его приобретение ни казалось.

Одна и та же информация может быть получена разными путями. Так, открыть планету у другой звезды способен не только космический зонд, но и внеатмосферный орбитальный телескоп диаметром 100 м. А вот изучить даже самые простейшие формы жизни на новой планете никак не удастся без отправки туда космического аппарата. В первом случае время удвоения информации об объекте исследования связано с развитием телескопостроения, и поиск планет в других звездных мирах не обязательно упирается в запуск зонда. Во втором же такой полет — единственный способ получить нужную информацию.

Но в любом случае посылка многоцелевого зонда оправдана лишь тогда, когда полученная от него информация не запоздает и аналогичные данные не доставит другой аппарат, пусть даже оборудованный теми же приборами, но отправленный значительно позднее первого с гораздо большей скоростью. Так что вопрос о том, запускать ли межзвездный корабль сейчас или подождать несколько десятилетий, когда такая же, если не лучшая, машина будет стоить намного дешевле, — не только лишь экономический.

Космические полеты никогда не будут бесплатными, но даже если пренебрегать стоимостной стороной дела, то соображения их целесообразности все равно сильно ограничивают и приемлемые скорости, и дальности межзвездных путешествий. Известно, что объем знаний нашей цивилизации об окружающем мире растет примерно равномерно по всем отраслям и удваивается за конечное число лет. Пусть оно равно нескольким десятилетиям (хотя в действительности оно меньше). Это значит, что, скажем, за 100 лет, прошедших от запуска зонда, человечество сумеет создать более совершенные и быстрые звездолеты, более чувствительные анализаторы, более качественные методы интерпретации собранных данных, и скорее всего за это время другим способом и лучше решит все задачи, ради которых предпринималась экспедиция. Одним словом, она потеряет свой смысл.

* * *

Достичь больших скоростей полета при использовании реактивного двигателя можно, увеличив массу

топлива или (и) повысив скорости истечения рабочего вещества.

Чтобы разогнать ракету до высокой скорости, необходимо время, но дистанция разгона до «крейсерской» скрости как минимум не должна превышать расстояния до цели полета. Следовательно, ускорения не могут быть слишком малыми, что требует приемлемого соотношения между тягой двигателя и массой летательного аппарата. Понятно, что увеличить силу тяги при больших скоростях истечения рабочего вещества можно, лишь сильно повысив энерговыделение в единицу времени (мощность) двигателя.

Химические источники энергии не способны дать продукты реакции, у которых бы кинетические скорости молекул превышали 5 км/с. Ядерные взаимодействия позволяют достичь гораздо больших скоростей истечения — до 10—30 тыс. км/с. Энерговыделение здесь около одной сотой от предельно возможного. Предельное энерговыделение, когда скорость приближается к скорости света, достижимо лишь при аннигиляции вещества и гравитационном коллапсе. Для межзвездных полетов (с точки зрения мощности двигателя и скорости движения материи в нем) подходят три последних механизма. Носителями энергии здесь выступают частицы, у каждой из которых ее запас измеряется несколькими мегаэлектронвольтами.

Воздействие рабочего вещества неизбежно ведет к нагреву содержащего его реактора. Надо предотвратить разрушение и самого реактора, и всего звездолета. Возникает непростая проблема сброса тепла. Каждый квадратный метр поверхности с температурой 300 К в открытом космическом пространстве излучает 0,5 кВт, так что еще при конструировании корабля (чтобы не заниматься весьма сложным проектированием эффективных охлаждающих радиаторов) необходимо предусмотреть его минимальный нагрев энергией собственного двигателя.

Конструкция межзвездного корабля, кроме того, должна обеспечивать его защиту от столкновений с частицами межзвездной среды. При скоростях полета в тысячи километров в секунду они будут обладать не только огромной разрушительной силой, но и большой проникающей способностью.

Идею двигателя с фотонной тягой еще перед войной высказал немецкий теоретик ракетной техники Э. Зенгер. Он постулировал осуществимость «абсолютного зеркала», которое способно отражать и фокусировать кванты света сразу всех длин волн, рождаю-

щиеся при аннигиляции вещества и антивещества. Теоретически такая ракета может развить скорость, близкую к скорости света, при очень выгодном соотношении массы топлива и полезной нагрузки. Но дело все в том, что практически реализовать замысел не удастся даже в отдаленном будущем, поскольку принцип «абсолютного отражателя» вступает в противоречие с известными нам законами природы. Осознание этого обстоятельства привело к появлению других проектов межзвездных кораблей, пусть несколько неуклюжих, но осуществимых хотя бы в принципе.

* * *

Труднее всего при создании ракеты с ядерным двигателем ответить на самый главный вопрос: как преобразовать хаотический разлет продуктов ядерных реакций в ее направленное движение? Поскольку сформировать направленный поток синтезированных в реакциях частиц технически очень сложно, обычно рассматривают более простую схему звездолета: в его конструкции предусматривают большой толстый экран, который отделяет полезную нагрузку от зоны, где производятся микровзрывы ядерного топлива. Экран, поглощая попадающие в него продукты ядерного синтеза, приобретает импульс захваченных частиц и благодаря этому ускоряется в направлении от точки взрывов. Коэффициент полезного действия такого двигателя невысок, поскольку только десятая часть от всей кинетической энергии частиц используется на движение. Мало того, экран, способный захватить все «выстреленные» в него частицы, должен обладать очень большой массой, а значит, и развиваемое ускорение не может быть велико. К тому же и микровзрывы не могут быть слишком мощными, иначе экрану будет грозить разрушение.

В известном английском проекте «Дедал» предлагается термоядерные микровзрывы осуществлять в магнитной ловушке, из которой для заряженных альфа-частиц (ядер гелия) и электронов предусмотрен только один выход. Магнитное поле одновременно формирует «камеру сгорания» и «сопло» и предохраняет двигатель от непосредственного контакта с продуктами синтеза. Здесь для создания тяги используется практически вся кинетическая энергия частиц, но мощность такого реактора не может быть большой, поскольку магнитная ловушка должна выдерживать взрывы ядерных зарядов.

Ядерные двигатели, как уже говорилось, не способны обеспечить очень сильный разгон. Фотонные же, где для создания тяги используются частицы, летящие со скоростью света, вообще говоря, могли бы развить субсветовую скорость, если бы одновременно удалось найти сверхмощный источник фотонов и хороший отражатель для них. И если зеркала для видимого света или радиоволн довольно-таки эффективны, то приемлемые источники такого излучения слишком маломощны. Аннигиляция дает потоки очень мощного излучения, но у возникающих фотонов настолько велика энергия, что они свободно пронизывают даже толстые свинцовые экраны.

Чтобы оптимизировать конструкцию фотонного двигателя, американские ученые предложили оставить *генератор фотонов... на Земле*. Громоздкий и тяжелый излучатель не обязательно брать с собой, решили они, на звездолете достаточно установить зеркало-парус. Направляемый на него с Земли поток микроволнового или инфракрасного излучения, отражаясь от зеркала, создаст необходимую тягу. Согласно одному из проектов, чтобы разогнать двадцатиграммовый (!) корабль-парус до одной пятой скорости света, понадобится передатчик микроволнового излучения мощностью несколько десятков тысяч мегаватт.

При другом варианте корабля-паруса, когда облучение осуществляется инфракрасным светом, трехлетний разгон однотонного зонда примерно до одной десятой скорости света позволяет ему за 40 лет добраться до системы Альфа Центавра. Но чтобы реализовать проект, нужен лазер огромной мощности — 65 тыс. МВт.

Еще более экзотичен проект пилотируемого зонда массой 76 тыс. т с зеркалом-парусом диаметром 1000 км. Чтобы затормозить корабль в конце пути, его надо будет осветить со стороны цели полета, а для этого от звездолета отделится зеркало, которое направит на парус с нужной стороны посылаемый с Земли инфракрасный луч. Разгон при возвращении на Землю обеспечит еще одно зеркало, оставленное у цели путешествия. Окончательное же торможение произойдет под действием прямого луча с родной планеты. На экспедицию до звезды Эпсилон Эридана (ближайшей из похожих на наше Солнце, расстояние — 10,8 св. лет) при скорости, достигающей половины скорости света, уйдет 51 год (из-за релятивистских эффектов часы корабля покажут только 46 лет). Тут уже предусматривается многолетняя непрерывная работа целой

батареи лазеров общей мощностью 43—75 млрд. МВт. Правда, авторы проекта умалчивают, что на питание генератора света надо затратить заметную долю всей энергии Солнца. Ничего не говорят они и о защите зеркал и экипажа от бомбардировки встречными атомами межзвездного водорода, которые при столь больших скоростях превратят звездолет в кружево задолго до первого торможения.

* * *

В 1975 г. в СССР был предложен новый принцип действия двигателя, в котором специально подобранные термоядерные реакции, выделяющие исключительно заряженные частицы, сочетаются с магнитным полем, фокусирующим разлетающиеся частицы и создающим направленную струю. Десятилетие спустя авторы статьи в развитие этой идеи выдвинули концепцию межзвездного корабля с импульсным термоядерным двигателем и электромагнитом из покрытого сверхпроводящей пленкой тора (см. рисунки). В своих расчетах мы, естественно, опирались только на известные в то время сверхпроводники с критической температурой не выше 23 К. И даже при таких жестких ограничениях на рабочую температуру конструкционного материала для фокусирующего магнита получались вполне осуществимые варианты звездолета, чей ядерный двигатель обеспечивал скорость 10 000 км/с. В 1987 г. было открыто целое семейство сверхпроводников, которые сохраняют свои сверхпроводящие свойства до весьма высоких температур. И теперь возможность создать звездолет уже в XXI в. (на основе ныне существующих или изобретенных в ближайшем будущем технологий) стала в высшей степени реальной.

Как уже говорилось, большие скорости полета достижимы, только когда реактор очень мощный. И видимо, чтобы добиться высокого энерговыделения при приемлемой массе реактора, лучше всего вынести зону реакции за пределы области, где могло бы происходить механическое взаимодействие между продуктами синтеза и материалом конструкции. А как сформировать, сфокусировать направленный поток частиц из зоны реакции? Для заряженных частиц любой энергии в качестве отражателя подходит магнитное поле, в то время как для нейтральных высокоэнергетических подобного эффективного устройства пока не существует. Вывод ясен: из множества ядерных реакций для ис-

пользования в реактивном двигателе подойдут только те, у которых существенная часть энергии выделяется в форме кинетической энергии заряженных частиц.

В качестве их источника во всех отношениях удобна термоядерная реакция протона и ядра атома бора.

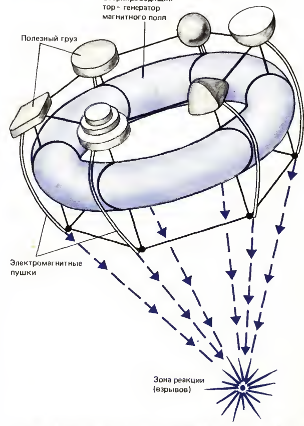
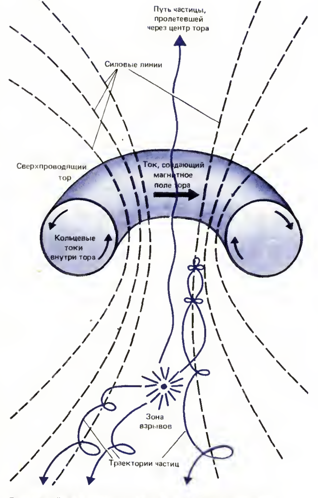


Схема звездолета с *импульсным* термоядерным двигателем и электромагнитом в виде сверхпроводящего тора. Электромагнитные пушки (ускорители) направляют в зону реакции термоядерные заряды (мишени), которые взрываются под действием лазера. Образовавшиеся заряженные частицы, закручиваясь вокруг магнитных силовых линий, отражаются магнитным полем и передают свои импульсы возбуждающему его электромагниту (тору). Так происходит разгон корабля



Взанмодействие «магнитного зеркала» н заряженных частиц в двигателе звездолета. Все снловые линии возбуждаемого магнитного поля проходят внутрн тора, сгущаясь в его плоскости. Там, где густота линнй максимальна, там н напряженность поля самая большая. Всякая заряженная частица, продвигаясь в магнитном поле, «сминает» его. Если энергня частицы меньше

Ее результатом чаще всего бывают три ядра гелия и изредка ядро углерода и гамма-квант. Основная доля выделяющейся энергии приходится на заряженные частицы с весьма высокой скоростью разлета — 10^4 км/с. Гамма-кванты же уносят менее 0,3% высвобождаемой энергии. Инициировать синтез может лазерный поджиг, а чтобы все вещество заряда участвовало в реакции, энергия единичного взрыва должна быть не меньше 10^{15} эрг.

Из всех ядерных реакций, продукты которых разлетаются со скоростью, близкой к скорости света, наиболее детально исследована аннигиляция. Здесь из протонов и нейтронов рождаются пи-мезоны. Каждый раз выделяется порядка 5 частиц, причем в среднем равное количество положительных, отрицательных и нейтральных. И все они движутся почти со скоростью света. Время жизни нейтрального пи-мезона — $2 \cdot 10^{-16}$ с; за это время он успевает пролететь доли микрометра, а затем распадается на два гамма-кванта. Заряженный пи-мезон живет несколько дольше — $2{,}5 \cdot 10^{-8}$ с. Он распадается на заряженный мю-мезон (мюон) и нейтрино.

Нейтрино уносит около 12% энергии, а мю-мезон, в свою очередь, через $2{,}2 \cdot 10^{-6}$ с распадается на электрон (или позитрон) и нейтрино.

Электроны и позитроны — долгоживущие частицы, но на них приходится всего 16% энергии аннигиляции, и потому направленный поток надо формировать на той стадии, когда продуктами реакции являются мезоны. Отсюда следует, что нам достаточно иметь такую энергопоглощающую зону реактора, размер которой заведомо меньше длины пробега самой долгоживущей из промежуточных частиц — мю-мезона, т. е. должен быть в пределах 1 км. Тогда будут соблюдены все условия, позволяющие использовать реакцию аннигиляции в звездолете.

Теперь обратимся ко второму главному компоненту системы. Нужное фокусирующее и отражающее осесимметричное магнитное поле можно получить с помощью кольцевого магнита. Если источник заряжен-

---

энергии деформации магнитного поля, то она сначала затормозится, а потом отбросится полем в сторону уменьшения напряженности (туда, где «густота» силовых линий меньше). Только тем частицам, что движутся через центральную часть тора, удается преодолеть магнитный отражатель. Магнитное поле кольцевых токов создает давление внутри тора, имитируя его каркас

ных частиц расположен на оси этого кольца, то основная их масса будет отражаться полем и передаст свой импульс формирующему его магниту. Лишь небольшое число частиц, движущихся точно по оси поля, не повернет вспять и пройдет через магнитное зеркало без потери энергии. Вот эти-то частицы и защитят звездолет от столкновений с веществом межзвездной среды, поскольку будут обгонять корабль, взаимодействовать с движущимися навстречу атомами и пылинками впереди и ионизовать их, а ионизованную материю отклонит от аппарата то же магнитное поле. Это удачное обстоятельство почти полностью снимает вопрос о мерах защиты при межзвездных перелетах с большими скоростями.

В качестве генератора магнитного поля удобен полый замкнутый токопроводящий тор («бублик»). Его магнитные свойства детально изучены, и определение параметров не вызовет трудностей. К преимуществам подобного электромагнита надо отнести, в частности, то, что он в миллионы раз легче постоянного магнита той же силы, а напряженность магнитного поля на поверхности тора можно выбрать при расчетах так, чтобы она не достигала опасной величины.

Теоретические предпосылки для создания ядерного реактивного двигателя следующие. Заряженные частицы — продукты ядерной реакции, разлетаясь в магнитном поле, движутся по спирали вокруг силовых линий и деформируют его. Но затем из-за неоднородности магнитного поля частицы выталкиваются в направлении уменьшения его напряженности (если, конечно, у частиц энергия меньше, чем у поля). Следовательно, нужна такая напряженность поля, которая способна выдержать энергию взрыва, а ядерный синтез должен идти дискретно, т. е. каждую новую порцию реагентов надлежит подавать в зону реакции лишь после того, как из нее выйдут продукты предыдущего микровзрыва.

Избежать повреждений конструкции можно, выбрав такое расстояние от центра тора до зоны реакции, которое бы существенно превышало ее размер.

С помощью МГД-генератора часть энергии частиц может быть превращена в электрическую энергию и использована для работы электромагнитных пушек, различных механизмов и приборов звездолета. При этом скорость частиц изменится настолько незначительно, что такого рода потери можно вообще не учитывать при расчете энергетического баланса двигателя.

Весьма просто вычислить коэффициент полезного действия двигателя, который определяют доля энергии ядерной реакции, уносимая заряженными частицами, доля отраженных частиц и степень сфокусированности реактивной струи из них.

Несложен и расчет теплового баланса звездолета. Та энергия микровзрыва, которая уносится нейтральными частицами и достигает вещества тора (поскольку не отражается магнитным полем), будет поглощаться конструкцией и приводить к ее разогреву. Следовательно, надо предусмотреть, чтобы вся поглощенная энергия отводилась. Охлаждение в вакууме обеспечивает тепловое излучение.

Из условия теплового равновесия (разогрев по величине «равен» охлаждению) определяется допустимая мощность реактивного двигателя звездолета, и оказывается, что чем выше рабочая температура сверхпроводящего материала тора, тем больше допустимая мощность.

А что можно сказать о покрытии из сверхпроводящей пленки для тора? Известные сейчас сверхпроводники из ориентированных кристаллов сложных окислов итрия, бария и меди выдерживают магнитное поле $3{,}4 \cdot 10^4$ Гс вплоть до температур 300 К: при больших значениях напряженности эти материалы теряют свои сверхпроводящие свойства. Столь сильное поле проникает внутрь сверхпроводника примерно на 0,1 мм, и, следовательно, сверхпроводящую пленку необходимо сделать хотя бы не тоньше 0,2 мм. Технологии создания таких пленочных сверхпроводников уже существуют.

Генерируемое магнитное поле будет обжимать со всех сторон поверхность самого тора и одновременно растягивать его по диаметру. Значит, токонесущую сверхпроводящую пленку придется наносить на каркас, способный противостоять этим силам. Но для каркаса трудно учесть сразу сжатие и растяжение по разным направлениям, и посему целесообразнее сжатие скомпенсировать давлением изнутри. Тогда вся оболочка тора будет работать только на растяжение, и ее можно будет изготовить, например, из высокопрочного волокна. Говоря о давлении внутри тора, мы имеем в виду не наполнение его газами (что потребовало бы идеальной герметичности), а возбуждение дополнительного магнитного поля кольцевых токов, которое к тому же намного ослабило бы растягивающее воздействие по диаметру.

Что же показывают конкретные расчеты звездоле-

та с ядерным и аннигиляционным двигателями? При толщине тора 22 м и внешнем диаметре 66 м (диаметр «дырки» 22 м) магнитное поле, максимальная напряженность которого на поверхности оболочки составляет 30 000 Гс, выдержит единичные взрывы с энергией $5 \cdot 10^{16}$ эрг, происходящие на расстоянии 33 м от центра конструкции. Для осуществления протон-боровой реакции подходят микрозаряды из боранов — соединений B_nH_{n+2}. При частоте взрывов 330 Гц тяга двигателя составит 30 т с весьма высоким кпд — 70—80%. Тепловой баланс установится при температуре оболочки, меньшей 282 K. Требование подавать реагенты в зону реакции лишь после вылета из нее всех продуктов предыдущего взрыва означает, что мишени (масса каждого заряда 0,07 г) должны выстреливаться в зону со скоростью 10 км/с. Технически это реализуемо, например, с помощью современных электромагнитных пушек (ускорителей).

Силовой каркас тора можно сделать из высокопрочного волокна, скажем борового (предел прочности 5900 Н/мм^2). Чтобы изготовить оболочку с нужными характеристиками, потребуется 28 т такого волокна и 6 т сверхпроводящей пленки толщиной 0,2 мм.

Чтобы не увеличивать тепловую нагрузку на сверхпроводник, полезный груз лучше разместить вне тора. Поскольку тяга направлена от зоны реакции в сторону конструкции, то наиболее простое решение — подвесить груз наподобие гондолы аэростата — приемлемо только для устойчивой к гамма-облучению аппаратуры, ведь при такой компоновке он заметно приблизится к месту взрывов. Видимо, более выгодно установить платформы и рабочие отсеки перед оболочкой. Топливо же, электромагнитные пушки и лазерные инициаторы ядерной реакции, наоборот, имеет смысл расположить поближе к зоне синтеза.

Сейчас сказать что-либо определенное о массе звездолета описанной конструкции довольно трудно. Можно лишь гадать, каким будет вес двигательной системы, но ради определенности примем для корабля и полезной нагрузки оценку 150 т. Тогда разгон до скорости 10 000 км/с и полное торможение в конце пути потребует 960 т топлива, так что стартовая масса системы составит 1110 т, т. е. почти вдвое меньше, чем у многоразового корабля типа «Спейс Шаттл». Правда, при тяге 30 т звездолет сможет стартовать только из космоса. Полет на таком звездолете до Альфы Центавра продлится 143·года, а до Эпсидона Эридана — 335 лет.

Точно по той же схеме можно рассмотреть вариант мезонного звездолета. Его размеры несколько больше: диаметр тора 600 м, а толщина 200 м. Но на изготовление оболочки уйдет всего 22,4 т конструкционных материалов, поскольку здесь напряженность поля в 30 раз меньше, чем в случае ядерного двигателя. Плоскость тора надо удалить от зоны аннигиляции на 500 м. При таких размерах тягу в 25 т обеспечат микровзрывы с энергией $4{,}5 \cdot 10^{16}$ эрг и частотой 16 500 Гц. Если принять, что масса корабельного оборудования и полезная нагрузка в сумме составят еще 20 т, то для разгона системы до скорости 150 000 км/с (половина скорости света) и торможения у цели полета понадобится 270 т топлива, из которых 50% должно быть антивеществом. Тут уже путь до Альфы Центавра займет всего 12 лет, а до Эпсилона Эридана — 24,8 года.

А что будет, если использовать корабль с ядерным реактором для полетов внутри Солнечной системы? Отправим наш звездолет массой 150 т в межпланетное путешествие со скоростью 1000 км/с. Для такой экспедиции, включая два разгона и два торможения, потребуется всего 75 т топлива, а до Плутона и обратно мы сможем добраться месяца за четыре.

В заключение подчеркнем, что большинство из чисто технических трудностей, стоящих на пути создания звездолета с ядерным двигателем, уже преодолела наука наших дней. И есть все основания надеяться, что в недалеком XXI в. земная цивилизация отправит свой исследовательский зонд к недоступным пока звездам.





Юрий Глазков

Спираль

(рассказ)

Он задыхался. Горло перехватывал сухой, раздирающий кашель. Год от года жизнь становилась все невыносимее. Их осталось настолько мало, что безраздельное обладание всей планетой, целиком, перестало радовать, хотя к нему стремились долго и настойчиво. Радость эта тускнела и замещалась болью: планета изгоняла их. Природа делала свое дело, она побеждала тех, кто был слишком уверен в своем Разуме и кого она же сама и создала.

— Больше жить здесь невозможно, придется воспользоваться проектом «Переселение». Благо там, у Желтой Звезды, родилась планета, подходящая для нас. Темп ее преобразований даже превосходит все наши ожидания. Да, наверное, пора. — Он говорил, с трудом переводя дыхание и прерывая речь. — Что в последних сводках?

— Плохо, мой друг, — также тяжело произнесла Она. — Этот проклятый кислород скоро сожжет мое горло, легкие.

ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ГЛАЗКОВ — летчик-космонавт СССР, доктор технических наук

Автоматы работают отмеиио, иифоpмация поступает со всех точек плаиеты. Вывод главиого кибера — нам настоятельио рекомендуются скафаидры. Углекислый газ стремительио исчезает. Надо улетать, иначе будет поздно.

— А зелеиая смерть?

— Ты зиаешь, дорогой, оиа расползается по плаиете с поразительиой быстротой. Мало того, что трава покрыла всю сушу, выросли высоченные растения с миожеством ветвей и листьев. Оии пожирают углекислый газ и без конца производят кислород, они заселяют долины и лезут все выше и выше. От них нет спасения. Их бесполезио уничтожать, они придумали иеуязвимый способ размиожения...

— Какой же? — встрепенулся Ои. — И почему иеуязвимый?

Она вздохиула и тихо сказала:

— Растения распространяют огромиое количество очеиь живучих спор, которые разиосит ветер, иаш любимый ласковый и сильный ветер. Оии разлетаются повсюду и везде пробуждают жизнь. Они попадают в почву, воду, парят по воздуху. Они кругом, эти очаги новой жизни, захватившей нашу плаиету. Наши враги вездесущи, и они побеждают.

— А в воде?! Может быть, хотя бы там оии гибнут? — с иадеждой спросил Ои.

— Нет, — грустио ответила Она, — они и там живут. Они или не оии, ио в воде тоже живет иаш враг. Целые острова зеленых растений плавают по морям и океанам. Подгоняемые ветром и течеииями, они достигают иовых берегов, проникают в устья рек, ручьи, даже в подземную воду. Им ие иадо дышать. У них все с собой внутри. Они спят до поры до времени, а потом сжирают все вокруг и растут, растут, растут... В морях бурлят пузыри — это кислород, кислород...

Оиа впадала в истерику. Ои подошел к ией, прижал к груди и попытался успокоить, поглаживая красиые волосы и целуя фиолетовые глаза. Рыдаиия сотрясали обоих.

— Я очеиь хочу ребеика, я старею... — прошептала Оиа.

— Нельзя, здесь иельзя. Ои погибиет в муках удушья. Позже... там... иа планете Желтой Звезды. Потерпи, родная, — утешал Ои Ее. И вдруг в отчаянии вскрикнул: — Да что же это?! За что такая напасть?! Неужели мы навсегда потеряли свою планету? И все это проклятые ученые. Предупреждали же их. Нет, настояли иа своем, и вот пришла расплата.

— Да, ты прав, — вступил в разговор седой старик. — Все этот умник Го Хеи. «У иас избыток углекислого газа. Это вредно для здоровья. Нужеи антипод. Борьба — суть развития. Мы загниваем от избытка нашего прелестиого эфира...» Идиот. Самого съела болезнь и вот теперь до иас добирается.

— Так ты предлагаешь иемедленно перебраться иа третью плаиету Желтой Звезды? А если еще подождать? Может быть, зелеиая смерть отступит?

— Нет, иельзя. Я ие сказала тебе самого главиого —

увереиностью сказать: большинство форм жизни во Вселеииой, если они вообще существуют, в своей основе имеют эти вещества.

Не вникая в детали, иазовем преимущества воды для таких процессов. Вода — это необычайио эффективиый и уииверсальиый растворитель для миожества химических соедииений. Она остается в жидком состоянии в широком иитервале температур порядка 100 градусов по шкале Цельсия. Эта область температур хорошо подходит для химических реакций. Когда ультрафиолетовое излучение разлагает воду на составиые части, то освобождается кислород — важиый источник энергии для живых оргаиизмов. И последнее, вода широко распростраиена во Вселеиной, хотя, как мы увидим ниже, трудно сохраиить ее в жидком состояиии.

Достоииства углерода столь же привлекательиы. Нет другого элемеита, дающего такое же миожество различиых соедииений. Эти соедииения легко образуются и распадаются на части. Сравиим для примера двуокись углерода (CO_2, газ) с двуокисью кремния (SiO_2, кварц). Кремний иезаменим для образоваиия камией, ио ои абсолютио не пригодеи для жизни.

Совремеииые физика и химия подтверждают, что жизнь в осиовиом связана с водой и углеродом. Нельзя утверждать, что оиа будет похожа иа иашу земную жизнь. Возможиости химии углерода настолько богаты, что было бы удивительно обиаружить на других плаиетах формы жизни, похожие иа земиые. Даже по этой причине маловероятно сходство людей и пилотов летающих тарелок! Пока еще мы ие можем предсказать облик виеземиых существ. Но, повторяем, уже пришло время переходить от предположеиий к экспериметам.

Поиски жизни в Солнечной системе

В иашей плаиетной системе есть девять плаиет и шестьдесят их спутииков. Где же иам следует начать поиск? Мы уже сказали, что нас будут интересовать те места, где есть вода в жидком состоянии и где легко могут происходить химические реакции с участием углерода. Эти реакции идут самопроизвольно во всей внешней части Солнечной системы. Вода же в жидкой фазе может существовать лишь относительно (ио ие совсем!) близко к Солнцу. Поэтому и иаправлеиия нашего поиска весьма различиы.

На Меркурии очень жарко, из-за малых размеров он не имеет атмосферы. Юпитер и другие планеты-гиганты лишены твердой поверхности, на которой мог бы образоваться океан. Они напоминают гигантский газовый шар, внутри которого при огромных температуре и давлении находится ядро из тяжелых элементов. Любой из спутников планет либо слишком мал для существования атмосферы, подобно Луне, либо холоден, чтобы вода могла быть в жидкой фазе, как у Титана или Тритона. Исключение представляет собой Европа, одна из лун Юпитера, на которой возможно существование океана под коркой льда, покрывающего всю ее поверхность. Океан может подогреваться энергией приливов и отливов.

Если есть такая среда, то рано или поздно мы ее обнаружим. Между тем в последние годы мы приостановили исследования Венеры и Марса — планет, похожих на Землю и расположенных во внешней части Солнечной системы. Для результатов будущих исследований полезно напомнить прошлое. В 1957 г. предположения о существовании жизни на Венере и Марсе считались вполне разумными. Но тогда об атмосферах и поверхностях этих планет было известно очень мало. Двадцать лет спустя, после проведения советских исследований Венеры* и приземления американского аппарата на поверхности Марса**, этот оптимизм исчез. В 1989 г. после пролета Вояджера-2 около планеты Нептун первоначальное зондирование Солнечной системы можно считать завершенным (исключая Плутон, который далек).

Следов существования какой-либо жизни не найдено ни на планетах, ни на их спутниках или кометах. Похоже, что только на Марсе на заре его эволюции могли существовать условия, подходящие для возникновения жизни. Было ли так на самом деле, пока неясно.

Три десятилетия космической эры, начатой запуском советского спутника в октябре 1957 г., только подтверждают уникальность условий, существующих

---

* Имеются ввиду запуски космических аппаратов «Венера-9» — «Венера-14», имеющих спускаемые на поверхность аппараты. Проводились исследования параметров атмосферы, метеоусловий и грунта поверхности. Получены цветные панорамы поверхности.

** Посадочные модули космических аппаратов «Викинг-1» и «Викинг-2» совершили посадку на поверхность Марса в 1976 г.

на Земле. Наша планета, единственная из планет Солнечной системы, имеет огромные запасы воды на своей поверхности и столь обильную и разнообразную биологию. Поскольку между двумя этими явлениями существует сложная связь, то для ответа на вопрос о том, почему Земля оказалась обитаемой планетой, необходимо выяснить, откуда на ней появились океаны воды. Эта проблема связана с эволюцией атмосферы, к рассмотрению чего мы сейчас и перейдем.

Мысленно представим себе такой эксперимент. Возьмем и поместим Землю на орбиту Венеры, т. е. на 25% ближе к Солнцу, чем она находится в действительности. Увеличится нагрев поверхности, что вызовет более сильное испарение воды из океанов. Увеличение же концентрации пара в атмосфере приведет к большей задержке тепла на поверхности планеты (так называемый парниковый эффект). Уменьшение тепловых потерь повлечет за собой увеличение температуры и, следовательно, еще более сильное испарение воды и т. д. Получится процесс с положительной обратной связью, приводящий к стремительному увеличению влияния парникового эффекта, росту температуры и полному выкипанию океанов. Разогрев верхних слоев атмосферы позволит парам воды подняться очень высоко над поверхностью, где произойдет распад молекул воды под действием солнечного ультрафиолетового излучения. Свободные молекулы водорода покинут планету. При отсутствии воды из двуокиси углерода (CO_2) не будут образовываться карбонатные минералы, которые есть на Земле, а CO_2 остается в атмосфере.

На что будет похожа такая атмосфера? Так как на Земле есть вода и за геологическое время сформировались значительные слои осадочных пород — карбонатов, то легко оценить запасы CO_2, связанного в этих породах. Если бы эти осадки не возникли, то атмосфера состояла бы из CO_2 и давление у поверхности планеты было бы в 70 раз выше современного. Такая атмосфера вызвала бы огромный парниковый эффект и нагрев поверхности до температуры, в десятки раз превышающей современную.

Иными словами, если бы Земля находилась так близко к Солнцу, как Венера, то она бы имела тонкую атмосферу, состоящую из CO_2, и высокую температуру поверхности, на которой бы не было воды. Это как раз те условия, которые были обнаружены на Венере, где атмосферное давление в 90 раз выше земного и атмосфера на 95% состоит из CO_2. Парниковый эф-

фект привел к тому, что средняя температура поверхности составляет 450° С. Этой температуры достаточно, чтобы расплавить свинец. Кроме того, облака в атмосфере Венеры, которые делают ее столь блестящей на нашем сумеречном небе, состоят из концентрированной серной кислоты! Такое место не подходит для жизни.

Итак, ясно, что первостепенное значение имеет расположение планеты внутри ее солнечной системы. У Венеры и Земли одинаковые размеры и, как нам кажется, начальный состав их атмосфер был одинаков. Причина их столь больших современных различий в том, что Венера находится значительно ближе к Солнцу и дополнительный нагрев испарил с ее поверхности всю воду. Как уже говорилось, без воды CO_2 остается в атмосфере, и на планете возникают те адские условия, которые существуют там сейчас. Эволюция жизни здесь невозможна.

Обратная ситуация не столь ясна. Посмотрев на Марс, мы найдем планету, много меньшую Земли ($^1/_{10}$ по массе), с тонким слоем атмосферы (давление у поверхности составляет $^1/_{150}$ земного), состоящей в основном также из CO_2. Мысленно отодвинув Землю от Солнца на расстояние орбиты Марса, мы тем самым охладим ее, что приведет к уменьшению испарения воды в атмосферу и уменьшению парникового эффекта. Это еще больше охладит планету. Возникнут отложения льда, которые повысят отражательную способность поверхности, что также будет способствовать понижению температуры. Произойдет стремительное охлаждение, аналогичное стремительному нагреву на Венере. Но планету можно подогреть увеличением концентрации CO_2 в атмосфере. Действительно, как было показано, на Марсе поддерживалась температура выше точки замерзания воды. Правда, это справедливо лишь при условии, что на Марсе атмосфера состояла из двуокиси углерода и давление у поверхности лишь в два раза превышало земное. Такое давление существовало на Марсе в древности. Об этом свидетельствуют современные концентрации благородных газов и соотношения изотопов азота и водорода в атмосфере. Именно тогда на Марсе могли образоваться известные системы каналов, по которым протекали потоки воды.

Мы не знаем, сколь долго на Марсе были условия для существования воды, но знаем, что это происходило в течение первого миллиарда лет после образования планеты. В дополнение к речным каналам на

поверхности Марса также найдены места, где в то далекое время существовали пруды и озера. Вода могла способствовать уменьшению толщины атмосферы, поскольку часть CO_2 из атмосферы уходила на образование карбонатных пород. В любом случае Марс и сегодня выглядит вполне благоприятным местом для жизни, поскольку здесь не столь холодно и атмосфера не столь тонка, чтобы испариться воде.

Таким образом, мы имеем еще один критерий для возникновения и развития жизни. Планета должна быть достаточно большой, чтобы длительно поддерживалась внутренняя вулканическая активность как источник тепла, нагревающего атмосферу. Тем самым обеспечивается ее достаточно большая протяженность, что необходимо для длительного сохранения воды (предотвращается ее излишнее испарение).

Соблазнительная Красная планета

Марс интересен для нас даже в том случае, если там нет жизни. Известно, что древнейшие ископаемые остатки жизни на Земле имеют возраст 3,5 млрд. лет. Они были найдены в Западной Австралии. Это остатки колоний одноклеточных организмов, живших по берегам древних океанов. Несмотря на то, что сами организмы были микроскопических размеров, остатки их колоний имеют слоисто-ячеистые структуры, легко видимые невооруженным глазом. Эти организмы были достаточно развиты: они черпали энергию Солнца путем фотосинтеза. Если химическая, а затем биологическая эволюции на Земле продвинулись столь далеко всего за один млрд. лет (за время от 4,5 до 3,5 млрд. лет назад), то почему бы это же не могло произойти и на Марсе?

Напомним, что в течение первого миллиарда лет существования планеты атмосфера Марса была более плотной и на поверхности было достаточно много воды. Другими словами, в тот период времени условия на Марсе и на Земле были близки и, следовательно, могли проходить одинаковые химические реакции, ведущие к возникновению жизни. У нас нет данных, исключающих такую возможность. Для того чтобы выяснить это, мы должны вновь побывать на Марсе, но уже со столь сложной экспедицией, как никогда раньше. Необходим двигающийся аппарат, который с ровного и безопасного места посадки пере-

местился бы в те точки поверхности Марса, где когда-то существовала вода. На Землю в специальной защите должны быть доставлены образцы горных пород из этих мест. В этих образцах могут оказаться ископаемые остатки живых организмов, подобно тому, как это было в Западной Австралии (но, конечно, не такие же!). Под полярными шапками Марса могли сохраниться следы химической эволюции, исчезнувшие в других местах под действием солнечной ультрафиолетовой радиации. Образцы пород, взятые из этих мест, также должны быть изучены на Земле.

Такая экспедиция очень сложна и дорогостояща, но она может быть осуществлена совместными усилиями СССР и США. И действительно, большинство ученых надеются, что полет на Марс будет совместным предприятием, объединившим таланты и ресурсы всех заинтересованных стран.

Важность положительного результата здесь переоценить нельзя. Мы уже говорили, что в настоящее время жизнь на Земле — единственная, которую мы знаем. Несмотря на все ее многообразие, химическая основа земной жизни одна. Отсюда мы можем заключить, что земная жизнь представляет собой один из множества примеров этого необычайного свойства материи. Следовательно, мы не знаем, насколько будет похожа на нашу жизнь, возникшая в других солнечных системах. Открытие столь невероятного состояния материи еще на одной из планет Солнечной системы значительно повысит вероятность утверждения о том, что жизнь — широко распространенное явление во Вселенной. В данный момент мы должны быть готовы и к тому печальному факту, что это окажется не так.

Многие из нас посчитают удивительным следующее. Органические вещества, которые вырабатываются только живыми организмами, оказываются одинаковыми в различных местах Вселенной. В нашей Солнечной системе мы наблюдаем следы органических соединений в атмосферах Титана и внешних планет, на всем пути к Нептуну, в кометах и метеоритах. Что же все-таки необходимо для возникновения жизни на планетах, подобных Земле, где обеспечены все подходящие условия для сложной химической эволюции?

Когда мы говорим о подобных планетах, то подразумеваем, что их начальные условия эволюции должны быть приблизительно такими же, как и у Земли: близкие к ней размеры, расстояние от централь-

ной звезды (с учетом ее светимости), сходная внутренняя тепловая активность, количество воды и других легко испаряющихся веществ. Далее можно строить догадки о последующей эволюции планеты. Обязательно ли возникает жизнь? Этого мы еще не знаем. Вот почему так важно продолжить исследование Марса.

В 1992 г. в США планируется запуск космического аппарата к Марсу для нового детального изучения его поверхности. В 1994 г. Советский Союз предполагает запустить многоцелевой космический аппарат. Он будет включать спускаемые баллоны для исследования марсианской атмосферы, посадочную ступень для изучения метеоусловий планеты и хорошо оснащенный искусственный спутник для изучения марсианской поверхности и верхней атмосферы. Обе страны обсуждают возможность посылки в 1998 г. на Марс двигающегося устройства. В этом проекте, возможно, примет участие и Европейское космическое агентство. Последующим шагом будет транспортировка на Землю грунта проб и атмосферы для тщательного изучения в земных лабораториях. Это произойдет уже в начале будущего тысячелетия. Изучение марсианского грунта может привести к открытию следов жизни еще на одной планете.

Поиск других солнечных систем

Если на Марсе будут найдены следы жизни, даже если она уже погибла от ухудшения климата, то это будет сенсационное событие. Но использовать этот результат в дальнейшем поиске мы сможем лишь в том случае, если будем уверены, что вокруг других звезд также могут быть планетные системы. Сейчас ученые полагают, что образование планетных систем — это естественная часть процесса звездообразования. Об этом свидетельствует и наш опыт исследований Солнечной системы и спутниковых систем вокруг Юпитера и Сатурна.

Все это останется лишь гипотезой до тех пор, пока не будет обнаружена хотя бы еще одна планетная система. Трудность в решении такой задачи заключается в том, что современные телескопы не обладают достаточной чувствительностью для обнаружения планет около далеких звезд. Однако мы знаем, как построить инструмент для обнаружения планет. Поэтому поиск планет становится одной из основных

задач астрономов в этом десятилетии.

Главное, что необходимо сделать для решения этой задачи, — суметь обнаружить слабые ($\sim 10^{-6}$ сек дуги) отклонения в движениях звезд. Это примерно то же самое, что измерить угловой диаметр атома водорода, расположенного на расстоянии вытянутой руки! Если удастся провести такие точные угловые измерения, то мы сможем выделить периодические отклонения в движении звезды, вызываемые вращающейся вокруг нее планетой. Таким образом, обнаружение малых периодических отклонений в движении звезды будет свидетельствовать о существовании около нее планет.

Наши возможности измерений с поверхности Земли в 1000 раз грубее, чем указанное выше требование. Для повышения точности телескоп должен быть размещен на орбите вокруг Земли за атмосферой, искажающей изображение. Этот телескоп будет построен с повышенными требованиями к жесткости конструкции и будет иметь лазерный контроль фокусировки изображения. Невесомость телескопа на орбите также будет способствовать большей жесткости конструкции.

Заглянув еще вперед, скажем, что в очень крупный оптический телескоп с зеркалом повышенной гладкости можно будет наблюдать планеты и непосредственно, но для этого телескоп нужно будет оборудовать так называемым коронографом. Это устройство будет отсекать свет звезды, затмевающий своей яркостью планету. Из-за искажений, вносимых атмосферой, подобные наблюдения также нельзя будет проводить с Земли. Выделив поток света только от планеты, мы сможем получить его спектр и, следовательно, узнать химический состав ее атмосферы. После этого мы сможем определить, есть ли в ней кислород. На любой планете, имеющей несколько процентов кислорода в атмосфере, должна быть жизнь. Этот газ настолько химически активен, что без постоянного пополнения он быстро исчезает, вступив в химические реакции с поверхностными породами. На Земле кислород выделяют зеленые растения. То же самое можно сказать и о других химически активных газах.

Выполнение всех этих замыслов вряд ли возможно в нынешнем столетии, хотя телескоп для измерений сверхмалых угловых расстояний будет построен и размещен на околоземной орбите в ближайшее десятилетие.

Поиск цивилизаций

Поскольку главная наша цель — обнаружение жизни, то хотелось бы получить прямые и бесспорные доказательства ее существования, более надежные, чем наличие химически активных газов в атмосфере. Это приводит нас к идее поиска технически развитых цивилизаций. Можно подумать, что было бы неплохо использовать наши возможности исследования планет и послать космический аппарат к ближайшей звезде. Увы! Расстояния до звезд столь велики, что при нашем технологическом уровне безнадежно даже пытаться сделать это. Например, для американского «Вояджера», покидающего Солнечную систему с огромной скоростью 40 000 км/час, потребуется 100 000 лет для достижения ближайшей звезды.

Чтобы сократить время такого путешествия и сделать его меньше продолжительности жизни человека, нужно использовать более мощные, чем термоядерные реакции, источники энергии. Есть неплохая идея: воспользоваться энергией, выделяющейся в процессе аннигиляции материи и антиматерии, но пока еще неизвестно, как это сделать. Одновременно мы можем получать лишь одну или две частицы антиматерии. Для путешествия же к звезде потребуются тысячи тонн антивещества. Другая проблема — его изоляция от обычной материи до включения двигателей. Ясно, что без фундаментальных результатов в физике межзвездный полет не осуществим.

Есть другая возможность установления межзвездной связи, подобная той, которой мы пользуемся в нашей повседневной жизни. Включив радио или телевизор, мы принимаем сообщения от станций, расположенных за сотни и тысячи миль от нас. Вообразим теперь, что вместо обычной телестанции имеем сверхмощный передатчик, а на крыше дома вместо антенны установлен гигантский радиотелескоп со сверхчувствительным, охлажденным приемником. Такая аппаратура позволит нам принять или передать сообщение на расстояние до 10^{17} км, т. е. через весь Млечный Путь!

Сообщение будет передаваться со скоростью света — 300 000 км/сек. С такой скоростью оно попадет на ближайшую звезду за 4,3 года вместо 100 000 лет, которые необходимы, если использовать самый быстрый космический аппарат. Действительно, как показал Энштейн много лет назад, ничто не может двигаться со скоростью, превосходящей скорость света.

Возможность приема или передачи радиосигналов мы можем использовать уже сегодня.

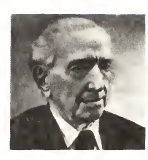
Некоторых людей больше привлекает идея прямого контакта, и они возражают против такого подхода. Ведь так заманчиво выйти из космического корабля в чужом мире, встретиться с его обитателями и вручить им подарки с Земли! С их точки зрения звезды все же настолько далеки, что нужны сотни лет для того, чтобы послать радиосигнал и получить на него ответ. Конечно, это очень долго. Но давайте подумаем о том, какое огромное удовольствие доставляет нам сейчас чтение произведений великих людей прошлого: Сафо, Платона, Галилея, Шекспира, Пушкина — людей, написавших эти произведения сотни, а то и тысячи лет назад. Точно так же мы будем восхищены, получив космическое послание, столь долго шедшее до нас. Мы пошлем свое сообщение с уверенностью, что наши потомки получат ответ. Космический диалог соединит нас, и мы перестанем быть одинокими во Вселенной.

Почему же такие сигналы не посылались нами ранее, а если и посылались, то не были приняты? Ученые из СССР, США, Канады и Австралии уже используют самые крупные радиотелескопы своих стран для поиска сигналов от внеземных цивилизаций, но пока безрезультатно. Нужно учитывать, что все же этот поиск весьма примитивен. Он ведется небольшое время и на недостаточно оснащенных телескопах. Поэтому отсутствие следов, цивилизаций не есть еще отсутствие самих цивилизаций. Точно так же, как и для поиска планет, потребуется улучшить технологию.

Чтобы лучше понять эту проблему, рассмотрим шкалу настройки радиоприемника. Числами на ней обозначены определенные радиочастоты (в звуковом диапазоне по этим числам можно находить музыкальные записи). Поворачивая ручку настройки, мы изменяем чувствительность радиоприемника к радиоволнам различной частоты. Все радиостанции работают на выделенных им частотах, и, изменяя частоту приема (настраивая радиоприемник), мы находим нужную станцию. Области частот, обозначенные на шкале, для всех радиостанций очень ограничены.

Ученый, занимающийся поиском сигналов от внеземных цивилизаций, не знает заранее, на каких частотах идет межзвездное радиовещание. Следовательно, он может осуществлять свой поиск простым перебором миллионов различных частот. Для этой цели он должен использовать высокочувствительный при-

Наука верит показаниям приборов. Существование описываемых парапсихологией таких «аномальных явлений», как телепатия, ясновидение и т. д., не признавалось многими учеными. Как видно из беседы журналиста А. Н. Перевозчикова с академиком Ю. Б. Кобзаревым, сегодня приборы улавливают древнейшие проявления необычных возможностей человека



Юрий Борисович Кобзарев —
академик, доктор технических наук, советник при дирекции Института радиотехники и электроники АН СССР, председатель научного совета АН СССР по статистической радиофизике, лауреат Государственной премии и золотой медали АН СССР им. А. С. Попова, Герой Социалистического Труда, специалист по вопросам техники обнаружения слабых сигналов и теории нелинейных колебательных систем.

На пороге магической физики, или Беседы о телекинезе и телепатии

«Я взглянул на стол и почувствовал, как волосы сами по себе зашевелились у меня на голове, — термометр вдруг начал медленно катиться к краю стола. Я хотел крикнуть, но у меня перехватило дыхание. Я увидел страшные глаза Яши. Он тоже смотрел на термометр и не двигался. Термометр медленно докатился до края стола, упал на пол и разбился. У меня, должно быть от ужаса, упала температура. Я сразу выздоровел...»

Так, слегка подтрунивая над собой и виденным, описывает К. Г. Паустовский в своей «Повести о жизни» явление телекинеза — воздействие «силой мысли» на физический объект или даже на событие.

В последнее время описаний телекинетических и других экспериментов по экстрасенсорному восприятию появилось особенно много, как в научной (в основном в зарубежной), так и в научно-популярной литературе. Разброс оценок огромен: от резко отрицательных до восторженно-положительных. Вы, Юрий Борисович, многие годы — с точки зрения физика! — занимались изучением удивительных феноменов человеческой психики, проводили, в частности, опыты с домохозяйкой из Ленинграда — известным экстрасенсом Н. С. Кулагиной. Что вы можете рассказать об этих экспериментах? Признаете ли вы телекинез как парапсихологический феномен или нет?

— Увы, есть еще догматики (в том числе и среди ученых), неспособные признать существование явления, кажущегося необъяснимым с позиций современных научных представлений. Они забывают, что и такое бесспорное явление, как свечение Солнца, в течение тысячелетий не находило объяснения. Не знаю, потребуется ли для понимания кулагинского телекинеза ждать новых открытий в физике или достаточно уже имеющихся сведений и объяснение будет найдено на пути изучения физических полей, окружающих человека, и познания экстремальных возможностей его организма. Но то, что явление, демонстрируемое Кулагиной, существует и не является фокусом, у меня сомнения не вызывает.

— Юрий Борисович, вы намеренно ограничиваете тему, подчеркивая, что речь будет идти об опытах с Кулагиной, а не о телекинезе вообще?

— Для рассуждений о различных формах телекинеза мне не хватает опытных данных. Анализировать сообщения, уже опубликованные в печати, я не собираюсь, это заведет очень далеко. С вашего разрешения расскажу о своем знакомстве с Кулагиной. Лет десять назад Нинель Сергеевну и ее мужа, Виктора Васильевича, привел ко мне на квартиру Л. А. Дружкин, руководитель секции физики Московского общества испытателей природы и бывший мой аспирант. Он-то и познакомил меня с удивительной способностью Кулагиной передвигать легкие предметы, не прикасаясь к ним.

Сначала Нинель Сергеевна взяла обычный компас и некоторое время двигала над ним руками. Наконец его стрелка начала раскачиваться. Это была, по ее словам, «разминка». Затем на стол, накрытый клеенкой, я поставил металлический колпачок от авторучки. Кулагина, поманипулировав над ним ру-

камн, также привела его в движение. Колпачок, следуя за ее ладонями, с нарастающей скоростью стал приближаться к краю стола.

— У вас не возникло ощущения, что это — трюк?

— Нет. За опытом, повторенным несколько раз, наблюдали моя жена, а также мой коллега по Институту радиотехники и электроники АН СССР профессор Б. З. Каценленбаум. Было очевидно, что для того, чтобы предмет начал двигаться, Кулагиной приходилось сильно напрягаться. Но ни вид Нинели Сергеевны, ни обстановка, в которой проходил опыт, не вызывали предположения, что мне показывают фокус. Напротив, захотелось повторить опыт еще раз с применением электрометра, так как появилось предположение, что наблюдаемое движение есть результат возникновения электростатического поля накануне повторного опыта. Я рассчитал, какую силу нужно приложить к колпачку, чтобы, преодолев трение о клеенку, сдвинуть его с места. Также была найдена величина напряженности электростатического поля, способного вызвать такую механическую силу. И у меня, и у профессора Б. З. Каценленбаума — мы сделали расчеты несколько по-разному — получились очень большие значения — сотни киловольт. Нас это не очень смутило, ведь именно такие напряжения возникают, когда человек стаскивает с себя электризующуюся нейлоновую рубашку, чуть ли не улетающую от него, или когда, касаясь рукой холодильника (или человека), он ощущает острый, как укол иглы, искровый разряд.

К следующему приходу Кулагиных я приготовил электростатический вольтметр, соединил его с колпачком при помощи тонкой длинной проволочки, которую, в свою очередь, подвесил на нитке к люстре. На углу стола установил электрометр, на противоположном — колпачок. Проверил цель — поднес к колпачку расческу, предварительно натертую о шерстяную материю, стрелка электрометра отклонилась...

Прежде чем рассказывать о самом опыте, отмечу существенную для дальнейшего деталь. Провод, прикрученный к колпачку, шел вертикально вверх, что исключало возможность накинуть на него, скажем, нитку с петелькой, потянув за которую можно было бы незаметно перемещать предмет по столу...

И вот тут произошло то, что буквально потрясло всех присутствовавших. Кулагина, не прикасаясь к колпачку, заставила его передвинуться по столу, а стрелка электрометра даже не дрогнула! Выходит,

удивительное явление нельзя объяснить простым электростатическим взаимодействием?!

Было решено устроить демонстрацию опыта большой группе исследователей, чтобы, возбудив к феномену интерес, организовать его всестороннее изучение. Я позвонил академику Я. Б. Зельдовичу, поделился с ним своими соображениями по поводу странного явления. «Впечатление такое, — сказал я, — что для объяснения имеется один путь — признать, что волевым напряжением можно воздействовать на метрику пространства-времени...» Такая чудовищная мысль Зельдовичем, конечно же, была отвергнута. Он без обиняков заявил, что Кулагина, безусловно, применяет ниточки, а я просто не заметил всех ее манипуляций.

Следующая серия опытов состоялась на квартире моего большого друга академика И. К. Кикоина (его квартиру выбрали потому, что в ней был большой зал, который мог вместить много людей). Среди собравшихся присутствовали также академики В. А. Трапезников и А. Н. Тихонов. К собравшимся присоединился заместитель директора ИРЭ АН СССР профессор Ю. В. Гуляев (ныне академик, директор ИРЭ АН СССР). Здесь Кулагина передвигала небольшой фужер, стоявший на большом письменном столе, застеленном газетой. Газету положили на стекло, под которым лежали семейные фотографии (мешавшие Кулагиной сосредоточиться). Участники опыта, внимательно наблюдавшие за происходящим, не обнаружили никаких «ниточек».

Кроме телекинеза, Нинель Сергеевна продемонстрировала желающим способность вызывать своей рукой нагрев кожи в месте контакта. Впрочем, нагревание происходило даже и без всякого контакта. Этот феномен заинтересовал профессора МГУ Брагинского. Он терпел боль дольше других. В итоге — струп на месте ожога не сходил у него несколько дней.

— Юрий Борисович, подобные опыты мы неоднократно проводили и в редакции журнала «Техника — молодежи». Но вот вопрос: как это происходит? Какова физика бесконтактного перемещения предметов?

— Чтобы это выяснить, были поставлены последующие опыты. В первую очередь, решили поискать нечто такое, за что можно было бы «ухватиться». Электричества нет, но может быть, есть звук, который не слышен? Или возникают какие-нибудь вибрации, вызывающие передвижение предметов. Ведь су-

ществует, скажем, явление звукового ветра: легкий предмет, лежащий на столе, можно привести в движение, если поднести к нему поближе работающий громкоговоритель. Маленький бумажный ветрячок начинает раскручиваться, если к нему поднести колеблющуюся пьезоэлектрическую пластинку.

И вот, будучи по служебным делам в Ленинграде, мы с Ю. В. Гуляевым провели специальный эксперимент. Незадолго до этого в лаборатории ИРЭ были специально изготовлены крошечные микрофоны, один — конденсаторный, другой — керамический. Их встроили в спичечные коробки и соединили с усилителем и электронно-лучевым осциллографом. Все эти приборы Гуляев захватил с собой.

Вечером собрались вместе с Кулагиными в моем номере в гостинице, и Виктор Васильевич показал уже давно снятый им любительский кинофильм. Поразили кадры, где Кулагина передвигает предмет, не приближая к нему своих рук — только с помощью движений головы. Свои опыты мы начали с конденсаторного микрофона, как более чувствительного. Как только Кулагина приблизила руки к спичечному коробку и напряглась, на экране осциллографа появились импульсы... и сразу все исчезло. Микрофон потерял чувствительность. Разобрав его, мы увидели, что он «пробит» — его мембрана приварилась к основанию. Микрофон вскоре исправили, но вновь неудача: звуковые импульсы были столь сильны, что конденсаторный микрофон не мог их выдержать. Керамический микрофон заработал бесперебойно. Во время передвижения спичечной коробочки он выдавал беспорядочные импульсы с очень крутыми фронтами. Руки Кулагиной излучали ультразвук! Это было большим открытием, буквально потрясшим наше воображение.

Для большей достоверности опыты были повторены в очередной приезд Кулагиных в Москву. При этом запись импульсов шла на магнитную пленку с помощью имевшегося в моем распоряжении широкополосного магнитофона (полоса пропускания до 200 кГц). Затем они были прочитаны с помощью специальной установки на электронно-лучевом осциллографе и сфотографированы. Так удалось оценить длительность крутых фронтов импульсов — порядка 30 микросекунд. Но какова природа этих импульсов, было неясно.

— Эти акустические импульсы способны зарегистрировать только очень чувствительные приборы?

— По этому поводу Гуляеву пришла в голову простая мысль: послушать эти импульсы. Кулагииа поднесла руку вплотную к уху физика-экспериментатора, напряглась — н стали слышины беспорядочиые щелчки. Чем сильнее она иапрягалась, тем они раздавались чаще. Кулагина, не ожидавшая сама от себя такого, забеспокоилась, не вредит ли оиа экспериментатору. Тот, успокаивая ее, еще и уговаривает: «Поддай жару». Никто во время этих опытов не пострадал.

В дальнейшем эти опыты с открытыми нм импульсами Ю. В. Гуляев всячески перепроверял. Все-таки поверить в способности человека излучать акустические импульсы чрезвычайно трудно.

Также большой неожиданностью оказалось для нас свечение ладоней Кулагиной, возникающее при волевом напряжении. На этот раз демонстрация происходила (в очередной ее приезд в Москву) иа квартире Ю. В. Гуляева подряд троим: хозяину квартиры, академику В. А. Котельникову н мне. В дальиейшем это излучение удалось зарегистрировать н прнборами. Была проведена серия опытов, ио для меня решающее значение имел опыт, проведенный у меня иа квартире.

Сотрудники Ю. В. Гуляева установили в моем кабннете фотоэлектронный умножитель (ФЭУ) и цифровой индикатор, регистрнрующий воздействне на ФЭУ. При полном отсутствин света последиий зиак числа на индикаторе беспорядочио менялся, регистрируя темновой фон.

Кулагина приложила ладонь к объективу ФЭУ, я своей рукой фиксировал ее руку сверху. И руки, и ФЭУ были плотно закутаны светонепроницаемой материей, да еще и в комнате было жарко, ладонь Нинель Сергеевны покрыла испарнна. Мы долго безуспешно вглядывались в мечущуюся последнюю цифру прнбора — все остальные разряды были «занулеиы»!

Нинель Сергеевна волновалась. Ведь раньше подобные опыты удавались! Почему же теперь прибор ничего не показывает? Я чувствовал, что оиа напрягается — все сильнее и снльнее. Накоиец, появнлось число и стало расти. Доросло до 9, перескочило на следующий разряд... Мы не успели опомниться, как на индикаторе бежали цифры уже третьего разряда! Тысячекратное превышение тонового тока! Чувствую, что Кулагина изнемогает, но остаиовиться не может, хотя я и требую, чтобы оиа перестала напрягаться. Наконец я не выдерживаю и силой отнимаю ее руку

от окошка ФЭУ. Она тут же убегает, ей становится плохо. Приступ тошноты и рвоты. Подобное с ней случалось и после демонстрации телекинеза у Кикоина, но тогда об этом знала только его жена, шепнувшая нам, что Нинель Сергеевне плохо и она должна немного отдохнуть.

— Почему Кулагиной было так трудно вызвать свечение своих рук в условиях жесткого контроля? При первой демонстрации, о которой вы упоминали, этих трудностей ведь не отмечалось?

— И при генерации щелчков, и при генерации свечения в первых опытах все шло гладко. А вот в условиях контроля свечение, по-видимому, было затруднено из-за пота, обильно покрывшего поверхность кожи.

— Выступая на телевидении в программе «Взгляд», вы говорили о потоках частиц, корпускул, вылетающих из ладоней Кулагиной. Как это было установлено?

— Чтобы узнать спектральный состав ее излучения, мы в опытах с ФЭУ стали закрывать окно прибора светофильтрами. Оказалось, что при воздействии Кулагиной стеклянные пластинки мутнеют, на их поверхности образуется налет. В опытах по бесконтактному разогреву кожи и при соответствующем освещении мы замечали, что на нагреваемой поверхности образуются блестки. Кожа как бы покрывается мельчайшими кристалликами. Более того, Ю. В. Гуляев рассказывал мне, что, когда он попросил Кулагину избавить его от приступа поясничного радикулита, она до покраснения прогрела ему поясницу. После чего жена Гуляева соскребла *чуть ли не пол* чайной ложки какой-то соли. «Что вы сделали с этой солью», — спросил я. «Отдал ее на анализ нашим химикам. Они сказали, что это обычные натриевая и калиевая соли, присутствующие в человеческом организме».

— Проводились ли специальные исследования этой соли?

— Увы... В. В. Кулагин как-то рассказал про проделанный им очень простой опыт. Он собрал электрическую цепь из двух металлических пластин, поставленных вертикально на расстояние пяти сантиметров друг от друга. Соединил их друг с другом в цепь через батарею от карманного фонаря и микроамперметр. Когда Нинель Сергеевна приближала свою руку к пространству между электродами и напрягалась, микроамперметр регистрировал ток порядка десяти микроампер. Я попросил Э. Э. Годика, в то время

возглавлявшего специальную лабораторию ИРЭ АН СССР, ныне выросшую в отдел, провести соответствующие эксперименты. В лаборатории в срочном порядке была собрана несложная установка, представлявшая собой небольшую латунную коробку с решетчатым окном. Внутри поместили батарейку от карманного фонаря, один полюс которой соединили с корпусом коробки, а другой оставили свободным. Внутри смонтировали электрод, соединив его экранированным кабелем с усилителем, подключенным в свою очередь к магнитофону. Когда Кулагина, тщательно вымыв руки, поднесла их к окну коробки и напряглась, на входе усилителя были зарегистрированы электрические импульсы, записанные на магнитофонной ленте. К сожалению, схема содержала ограничитель сигиалов, поэтому было зафиксировано лишь их превышение определенного порога. В целом, однако, стало ясио, что электрические импульсы, как и наблюдаемые раиее в микрофонных опытах импульсы акустические, представляют собой две грани одного процесса. В обоих случаях из рук Кулагиной вылетали частицы, которые, проделав сравнительно короткий путь, ударяли по микрофониой мембране либо по барабанной перепонке. Одно из двух: либо частицы сами несли электрический заряд, либо осуществляли иоиизацию воздуха. Попадая на поверхность стекла, они его замутняли, попадая на поверхность кожи, образовывали на ней мельчайшие кристаллики, которые раздражали нервные окончания, вызывали аномальиый прилив крови и ожог подобно сильному горчичнику.

— Итак, перед нами две грани одного процесса...

— Да, единого физиологического, ранее неизвестного процесса. Но и это не все. Прошлым летом В. В. Кулагин рассказал мие про свои опыты, связанные с воздействием Кулагиной на воду. Стоит ей подержать, напрягаясь, руку вблизи поверхности воды, налитой в банку, как жидкость становится кислой на вкус. Это подтверждает и лакмусовая бумажка, меняющая свой цвет. Эффект был тот же, когда банку закрыли крышкой и Нинель Сергеевиа просто подержала ее в руках. Эти опыты были немедлеино повторены у меня дома — и удивленные свидетели пробовали на вкус «скисшую» воду (пить ее, естествеино, ие решались), разглядывали, как меияла свой цвет смочениая ею лакмусовая бумажка. На следующий день эти опыты мы повторили и в лаборатории Э. Э. Годика, регистрируя процесс на этот раз с по-

мощью pH-метра. Самописец выводил график, показывающий постепенное изменение pH воды от 7 (нейтральная среда) до 3—3,5 (кислая). Когда банку прикрыли, скорость окисления резко упала. Видимо, выбрасываемые из пор ладоней частицы обладали высокой гидрофильностью и легко поглощались, растворялись водой...

— Простите, Юрий Борисович, перебью вас: неужели всех сделанных наблюдений недостаточно, чтобы признать способности Кулагиной волевым напряжением создавать потоки частиц, вылетающих из кожных покровов ее рук? А если это так, то и демонстрируемый Кулагиной телекинез не фокус, а физическая реальность?

— Отрицать существование потока частиц невозможно. Но для научного объяснения телекинеза необходимо измерить величины зарядов на телах, рассчитать электрические поля и показать, что их напряженность обеспечивает возникновение сил, достаточных для передвижения предметов заданного веса в силовом поле. Отмечу, что иногда может влиять и механический удар летящих частиц. Раз они, несмотря на сопротивление воздуха, проходят значительный путь, значит, они вылетают из рук с большой скоростью.

— Юрий Борисович, скептики наиболее часто (хотя и безуспешно) «уличали» Кулагину в применении всевозможных ниточек, магнитиков и т. п. Ставились ли вами такие опыты, в которых возможность применения подобных аксессуаров была бы исключена в принципе?

— Наиболее интересный, на мой взгляд, опыт не только устранял возможность применения какихлибо ниточек и магнитов, но и исключал попадание на передвигаемый предмет летящих из рук Кулагиной частиц. Для этого в ИРЭ изготовили вот этот плексигласовый куб без одной грани. Своим открытым торцом куб плотно входил в пазы, профрезерованные в толстом плексигласовом основании. Внутрь куба помещали картонную гильзу от охотничьего патрона. Такое устройство было задумано как раз для того, чтобы доказать: телекинез не трюк, это реальный факт. Ведь передвигаемый предмет немагнитен, а возможность использования ниточек исключалась полностью. Опыт состоялся года два назад...

Зная, как много усилий приходится тратить в таких экспериментах Кулагиной, я пригласил в качестве свидетельницы нашу соседку, врача. Нинель Сер-

геевна потратила необычайно много усилий, прежде чем гильза двинулась с места. Когда она переместилась к стенке куба, Кулагиной стало плохо. Врач, померившая ей артериальное давление, пришла в ужас. Верхняя граница была на уровне 230, нижняя почти достигла 200! Позвали мужа соседки, также опытного врача, он констатировал спазм мозговых сосудов, дал больной принять принесенные им лекарства, велел соблюдать полный покой. Больная близка к «коматозному состоянию», — объяснил он мне. — Такие опыты могут привести к печальным последствиям...

— Чем же все-таки объясняется перемещение гильзы?

— Если перемещение предмета объясняется скоплением вылетевших из рук заряженных частиц, то какие же огромные заряды должны образоваться на поверхности куба, чтобы на несущий заряд предмет в основном из диэлектрика исключительно за счет электростатического поля стала действовать необходимой величины сила!.. Чтобы убедиться в правильности такого объяснения, необходимы точные измерения. Они пока не сделаны.

— Как же в таком случае объясняется тот самый первый эксперимент с электростатическим вольтметром, не реагировавшим на перемещаемый колпачок авторучки?

— То, что стрелка прибора не отклонялась, хотя перемещаемый предмет и был заряжен, можно объяснить тем, что заряды на предмете были «связаны», уравновешивались с такими же по величине, но противоположными по знаку зарядами на руках Кулагиной! Механизм здесь следующий. С первоначально нейтральной руки заряды улетали и оседали на предмет. При этом рука оказывалась заряженной электричеством противоположного знака. Зарядов на электрометре не появилось, но после окончания опыта, когда Кулагина (с ее заряженными руками) отошла от стола, заряды с предмета, теперь уже ничем не связанные, должны растекаться по проволоке и достигать электрометра... Но последний не среагировал. Может быть, заряд был недостаточен для отклонения стрелки?.. Словом, недостаточно корректный опыт не позволяет сделать надежный вывод. Исследования следовало бы продолжить. Но по состоянию здоровья Кулагиной это вряд ли возможно.

— Ставились ли еще какие-нибудь опыты, которые помогли бы внести ясность в этот вопрос?

— Были, но, по мнению скептиков, столь же недостаточно корректные. Кулагина воздействовала на луч лазера. Луч пропускали по оси жестяного цилиндра, вверху которого было пробито отверстие. Сначала луч высвечивал на экране небольшое яркое пятно, находясь в соседней комнате (дело происходило на квартире Гуляева), я понял из дружных восклицаний экспериментаторов, что пятно на экране исчезло, а пространство внутри цилиндра как бы заполнилось розовым туманом. Ю. В. Гуляев рассказывал мне, что в одном из подобных опытов вдоль оси банки проходило два лазерных луча с разными расстояниями до бокового отверстия. Экран заменили фоторегистрирующими устройствами, а запись световых импульсов велась на двух дорожках магнитофонной ленты.

Зная временной сдвиг импульсных сигналов на дорожках, можно было определить скорость распространения воздействия. Оказалось, что воздействие на более далекий луч запаздывало гораздо больше, чем если бы речь шла о звуке (когда проводились эти опыты, мы про корпускулярные потоки еще ничего не знали). Был и еще один подобный опыт, проводившийся у меня на квартире. Он, к сожалению, четких результатов не дал...

— Не припомните ли вы случаев, ставящих под сомнение корректность действий испытуемой?

— Такой случай, испортивший нам настроение, как раз и произошел во время опытов с лазером. Один из молодых наблюдателей заявил (и следом еще один или два участника присоединились к нему), что он видит ниточку и даже небольшой предмет, привязанный к ней и опускаемый Кулагиной в цилиндр через отверстие в его стенке. Я не верю, что Нинель Сергеевна пыталась обмануть экспериментаторов. Ей этого не нужно было! — еще один опыт с поразительным результатом мало что добавлял к тому, что было уже с полной достоверностью установлено. Вместе с тем я не ставлю под сомнение честность экспериментаторов, видевших ниточку.

Да, ниточку они видели, но ниточки не было! Известно, что индийские факиры способны вызывать у довольно больших групп людей удивительные, противоестественные видения. Известны случаи массовых галлюцинаций у молящихся в церкви. Я сам однажды пережил зрительную галлюцинацию, внушенную мне врачом гипнотизером. Свернув в комочек рубль, он заставил меня увидеть сторублевую

купюру, быстро развернув комочек и вновь свернув. Были и другие случаи, убедившие меня в том, что и видеть, и слышать можно то, чего на самом деле нет... Вероятно, произошло самовнушение и экспериментаторы увидели ниточки, так как считали, что без них обойтись было невозможно...

— В 1978 году по заказу Японии Гостелерадио сняло фильм «Уникальные способности людей» и, в частности, Кулагину, которая демонстрировала «чтение затылком». За ее спиной оператор выставлял таблицу с изображением цифры, и она эту цифру называла...

— Когда я стал расспрашивать Нинель Сергеевну об этом опыте, она сказала, что, сосредоточиваясь, она как бы видит то, что ей показывают, и что для нее не имеет значения — цифра это или многозначное число. Мы решили повторить этот опыт у меня дома. Я заготовил некоторое количество табличек размером примерно 4 на 7 со случайными трехзначными числами. Устанавливал их на полке книжного шкафа, к которому Кулагина стояла спиной, закрыв лицо легким фуляровым шарфом. Я отходил от шкафа, садился на стул и, наблюдая Кулагину, ожидал результата. Секунд через десять Кулагина называла число. Затем я ставил следующую табличку. Все десять табличек были опознаны правильно, однако некоторые детали опыта убедили меня в том, что никакого «чтения затылком» здесь не происходит, что это лишь привычный ритуал...

Существо же заключается в способности Кулагиной воспринимать образ числа на табличке из сознания человека, выставляющего табличку...

— Расскажите, пожалуйста, подробнее об условиях вашего эксперимента!

— Поставив карточку, я шел к своему стулу, стараясь «позабыть» изображенное на ней число. Секунд десять наблюдал за Нинель Сергеевной, ожидая результата. Судя по ее позе, отгадывание карточек стоило испытуемой определенных усилий: она то поеживалась, то двигала плечами, то страшно напрягалась. Результат: на десять предъявленных карточек — десять правильных ответов! Ошибки бывали, но они тут же исправлялись, так что окончательный ответ всегда оказывался правильным. Последнее обстоятельство опять-таки подтверждало, что речь идет не о ясновидении.

— А о чем же?

— О телепатии в чистом виде! Скажем, на таб-

личке стояло 916. «Шестьсот...» — произносила Нинель Сергеевна, и я догадывался, что она сейчас скажет 619. Ошибается, думал я, — не 619, а 916... И испытуемая в то же самое мгновение, как бы услышав мою мысленную «подсказку», исправлялась: «916». У меня сохранились протоколы этих опытов, и я помню, что таким же образом она путала цифры 5 и 2. Столь характерная деталь — исправление Кулагиной ошибки в тот момент, когда я осознавал, что она ошибается, привел меня к мысли, что она считывала это число из моего сознания.

Числа она вообще очень хорошо угадывала. Один из самых удивительных случаев рассказал мне Юрий Васильевич Гуляев. Он находился в своем кабинете в институте, это в центре Москвы, где его задерживал назойливый посетитель, из-за которого он опаздывал на встречу с Кулагиной. Ожидая его на квартире в Измайлово, Нинель Сергеевна попросила дать ей лист бумаги и что-то на нем писала.

Этот листок она и показала Юрию Васильевичу, когда он пришел домой. В нем были выписаны номера телефонов из записных книжек Гуляева... «Но вот что самое удивительное, — сказал он, — эти номера ассоциировались лишь с неприятными событиями. Впрочем, добавил Гуляев, случалось и так, что я выходил, а Кулагина оставалась наедине с моим портфелем. И хотя невозможно себе представить, чтобы можно было запомнить такое количество номеров, но, разумеется, чисто теоретически нельзя исключить и возможность контакта экстрасенса с портфелем.

Последний случай, когда Кулагина продемонстрировала, как здорово она воспринимает числа, произошел у меня дома. Кроме Нинель Сергеевны, у меня находился старший сын, мы пили вместе чай. Разговор зашел об удивительных явлениях. «Я не верю, — вдруг заявляет сын, — что можно так запросто извлечь и воспринять образ из сознания другого человека. Может быть, вы, Нинель Сергеевна, сию самую минуту назовете номер моего телефона?» «Не надо, — останавливаю я ее, — вам сейчас заниматься этими делами, вы ведь недавно из больницы и очень слабы». «Нет-нет, — отвечает, — я с удовольствием попробую». Сосредоточилась и... Нет, полностью номер она не назвала. С большими, прямотаки невероятными усилиями она буквально «выцарапывала» из отгадываемого номера лишь отдельные цифры. «Один... два... опять один, — произнесла она. — У меня что-то путается». Но сын был букваль-

но потрясен тем, как быстро она восприняла из его сознания наиболее часто повторяющиеся цифры его телефонного номера — 142-142-1. Чисто теоретически можно, конечно, предположить, что сверхчувствительность Кулагиной позволяет воспринять ей тот невольный шепот, точнее, то еле слышное движение голосовых связок, которым производится соответствующее волнение воздуха, — все это может в принципе возникнуть, когда человек думает о числе, — но последующие эксперименты убедили меня, что главное в подобных опытах — прямой психический контакт индуктора («передатчика») и перципиента («приемника»).

— Юрий Борисович, а самому вам не приходилось выступать в роли перципиента?

— Однажды я воспринял образ из сознания другого человека. Я сидел в своем кабинете и пытался припомнить имя человека, которого я когда-то знал. И вдруг в меня прямо-таки влезает (иного слова и не подберу!) образ этого человека. Проходит пять минут — и именно он появляется в дверях... Разумеется, наряду со столь редкими и неординарными случаями, когда я чувствовал приближение знакомого человека, чаще всего были, конечно, случаи сугубо тривиальные, когда посетители заглядывали ко мне и без всякого воспоминания о них.

Так что случайное совпадение исключить нельзя. Но, примечательно, ведь я почти забыл об этом человеке! Вот какие случаи восприятия образной информации происходили и со мной...

— Пожалуй, самое время дать определение телепатии. Итак, что это за феномен? В чем он проявляется?

— Телепатия (от греческих слов «теле» — далеко и «патос» — чувство) означает переход некоего образа (он, кстати, может быть и меняющимся, динамическим) из сознания одного человека к другому. Это может быть и картина, и процесс. Телепатия бывает случайной, когда, скажем, родители непосредственно из сознания своего ребенка воспринимают сигнал о грозящей тому опасности. Такой случай произошел, например, с моей свояченицей, когда она вдруг почувствовала беспокойство о сыне, находившемся в пионерском лагере. Бросив работу, она помчалась в лагерь. Там уже собирались отправлять ее заболевшего мальчика в больницу в Москву.

Телепатия может быть и сознательной, когда индуктор волевым напряжением передает перципиенту

не просто единичный образ, а скажем, сложную последовательность действий, делает ему целевой заказ.

— Вы не могли бы припомнить обстоятельства вашего первого знакомства с экспериментами по телепатии?

— Четверть века назад в лаборатории при Всесоюзном НТО по радиосвязи и электронике имени А. С. Попова, работавшей на общественных началах, я присутствовал на опытах с Розой Кулешовой, демонстрировавшей «чтение» руками, пальцами ноги и даже локтем. После этого неоднократно встречался с ней, пока не убедился, что она демонстрирует явление действительно необычное. Размышляя над увиденным, я уже тогда понял, что почти во всех случаях речь должна идти о телепатии. Кулешова воспринимала текст непосредственно из сознания оператора, который следил за читаемым ею.

Из большого числа опытов мне особенно запомнился тот, когда она демонстрировала чтение... пальцами ног и локтя. В контрольном опыте, проводимом мною лично, участвовали и коллеги, среди них академик А. С. Боровик-Романов. Надев на глаза Кулешовой повязку из плотной ткани, мы садились втроем на диван. Подстраховка против подглядывания была двойной. Сидя слева от Р. Кулешовой, Боровик-Романов закрывал ей глаза руками, а я крупноформатным журналом надежно перерезал линию зрения, сидя справа. Еще один участник опыта подкладывал ей под босую ногу газету так, чтобы под пальцами, на расстоянии 3—5 см оказывался крупный шрифт, например, заголовок статьи. Газету брали наугад из стопки, лежавшей поблизости. Так же легко и безошибочно испытуемая читала заголовки книг, безошибочно называла цвет обложки.

Протянув вперед руки, Кулешова на расстоянии 2—3 м распознавала предметы, затрудняясь лишь в угадывании мелких деталей. Я был свидетелем этого и подтверждаю, что зрение обычное надежно исключалось.

В 1964 году по материалам исследований, проводившихся в НИИ биофизики АН СССР М. Бонгардом и М. Смирновым была опубликована статья в журнале «Биофизика». Описывая опыты по определению характеристик кожного зрения, авторы отмечали: «Из опытов... вытекает, что испытуемая действительно обладает способностью к кожному зрению».

Неоднократно подвергавшаяся нападкам скептиков Р. Кулешова продолжала совершенствовать свои способности. Обучилась диагностике ряда заболеваний, сопровождавшихся местным повышением температуры, — воспалительные процессы в печени, в почках, желудке, заболевание зубов и т. п.

Наиболее удивительный случай, когда и Кулешова читала локтем, не видя его, конечно. Оператор — это был мой сотрудник — быстрым движением развертывал у ее локтя портняжный сантиметр и произвольно старался его читать до тех пор, пока испытуемая сама не называла фиксируемое число.

— Вы полагаете, Юрий Борисович, что информация считывается из подсознания?

— Можно считать, что из подсознания. Для человека, обладающего телепатическими способностями, достаточно и того, чтобы изображение появилось на сетчатке глаза.

— Бывало ли, что опыты не подпадали под телепатическое объяснение?

— Только раз. Эксперимент проходил так. В глубокую картонную коробку помещали книгу. Кулешова ее видеть не могла. Оператор вынимал из коробки книгу и оглашал зрителям отмеченные строки. Текст он заранее не читал, но все же я не уверен, чтение ли это рукой или телепатия.

— Ну, а какие именно факты убедили вас в существовании телепатии?

— Мои эксперименты с Кулагиной. Я передавал информацию, она ее воспринимала. Было уже известно — в прошлый раз я рассказывал об этом, — что из ладоней Кулагиной раздаются какие-то щелчки, излучаются импульсы. Подумалось, что с их помощью она в состоянии расшифровать, что именно положено в коробочки или пенальчики. Возможно, подумал я, она узнает о содержимом коробочек, осуществляя их зондирование ультразвуковыми импульсами, работая как дельфин или летучая мышь. Надо проверить.

Взял пять пеналов — футляры из-под фотокассет «Орво». В один сразу же заложил бархотку, по ширине равную высоте пенальчика. Решил предложить ей пять равных по весу футляров, но с разным содержимым. Меня бы устроило, если бы она назвала, какой из пяти — особенный. Итак, в первый заложил бархотку, скрутив ее в бобышку. А что положить в остальные? У меня на столе лежали информационные листки из Ленинградской библиотеки АН СССР.

Обычного формата страницы, на которых напечатаны сведения о новых поступлениях. Весь текст — заголовок статьи, название журнала и несколько строк аннотации — был расположен в два столбика. Вот эти бумажки я и решил заложить в четыре оставшихся футляра. Но как их уравновесить? Взял точные аптекарские весы. На одну чашку положил бархотку, на другую — лист бумаги. Поскольку он перетянул чашу весов, я оторвал от него половину. Положил на весы — недовес. К половине добавил четвертушку оставшегося листа — опять перетянула бархотка. Добавил восьмушку — стрелка весов замерла на нуле.

Это врезалось в память — половинка, четвертушка и восьмушка листа в точности равны по весу бархотке.

Содержимое для пенальчиков на основе этого опыта я приготовил так: взял четыре целых листа и, сложив их вместе, «чохом» отрезал от них по восьмушке. Аккуратно скрутил в бобышки, сплюснул и засунул в футляры. Вот с ними и подошел к Кулагиной:

«Нинель Сергеевна, в одном из футляров — не то, что в остальных четырех. В каком?»

Она взяла, сравнила их по весу. Потом вернула. «Нет, Юрий Борисович, не пойму что там... Не могу».

«Ну, ничего, — утешил я. — Считайте, что мой опыт не удался».

Через некоторое время Нинель Сергеевна вдруг произносит: «А все-таки мне интересно знать, что в тех футлярах». — «Не стоит об этом думать», — успокаиваю ее, а сам невольно представляю их содержимое.

Позже один из молодых участников опыта вдруг вспомнил, что Кулагина, задавая мне очередной вопрос, стояла позади меня и как бы наставляла на меня свои ладони...

Лично я этого не видел и допускаю, что это была всего лишь иллюзия.

Часа через два мы собрались в кружок отдохнуть. Вдруг Кулагина говорит: «Я знаю, что в ваших футлярчиках... Но не могу прочесть, там все на иностранных языках».

Действительно, большая часть текста была на иностранных языках.

«...Там кусочки бумаги, — продолжает она, — большой кусок, потом поменьше, потом совсем маленький... Скручены они бобышкой — сначала свиты,

потом сплюснуты... А текст, — тут оиа берет у кого-то карандаш из рук и иачииает рисовать, — расположеи так...»

И оиа правильио показала, как был набраи текст иа листе.

«Постойте! — все более и более возбуждаясь, восклицает Нииель Сергеевиа. — Сейчас я скажу, сколько витков в этих бобышках!»

Вижу, что оиа почти «ие в себе», пробую ее остановить:

«Довольио, Нииель Сергеевиа, спасибо. Вы и так рассказали миого больше того, что я спрашивал».

Тут оиа стремглав выбежала из комиаты — ей сделалось дурио. А я решил показать, что в футлярах.

Достаю одии, второй, третий, вытаскиваю скручеиные в бобышки листы, показываю текст — все, как оиа сказала.

Когда открыл четвертый пеиальчик, подумал: «А где же те три кусочка, о которых упомянула Кулагина и про которые я сам думал, что они тоже уложены в одии из пенальчиков?..»

Вспомнил, что первый, разорваиный при взвешивании иа три части лист остался иа столе в моем кабинете.

И тут меня осеиило: «Эти три кусочка, о которых говорила Нииель Сергеевиа, остались у меия дома и... в сознаиии! Кулагина рассказывала ие про то, что было перед иею в пенальчиках, а про то, что я помиил».

Так я стал зрителем и одновремеино участииком спонтаииого телепатического эффекта. Было это, конечио, делом случая, зато теперь я не сомиеваюсь в существоваиии этого феиомена, по крайней мере когда между перципиентом и индуктором имеется сенсорная связь!

При этом, разумеется, остается загадкой, каким образом Кулагииой удалось «вытащить» из моего сознаиия такое обилие иинформации! Как идет ее считываиие? Как осуществляется прием, иа каких волиах, с помощью каких полей? Или тут, может быть, не в физических полях дело?..

— В своих (иедавио вышедших) воспомииаииях Вульф Мессииг склонен все сводить к идеомоторике...

— Трудио сказать, насколько его воспоминаиия искреиии. Может быть, ои идет на поводу «заказчиков»? Во всяком случае, моему другу, который

встречался с «раииим» Мессиигом, тот говорил, что ие только и ие столько идеомоторнка...

— Что это не фокус, а иекое сверхчувственное восприятие?

— Да.

— Вам приходилось видеть, как Мессинг работает?

— Я был иа его сеаисах, иаблюдая за особеиио трудными — даже для Месснига — опытами, когда идущий сзади человек иаправлял его движение без какого-либо сенсориого коитакта. Ои страшио иервиичал, иа лице была иаписаиа мука. Резко бросался из стороны в сторону, влево, вправо, все время сердясь на идущего сзади: «Вы плохо представляете, куда я должен идти! Вы плохо меня иаправляете, вы ие думаете об этом! Вы должиы ясио представить себе, как я иду в иужном вам направлеиии. Тогда я восприму ваш образ».

В коице коицов индуктор как-то обучался и Мессинг шел туда, куда иадо. Идеомоторика, коиечио, тоже может быть... Человек, ведущий артиста, испытывает удовлетвореиие от того, что его заказы приияты к исполиеиию: ои иемиого ииаче дышит, иначе шагает, вообще все его поведеине стаиовнтся чуточку иным. Хотя он находится сзади, ведомый ощущает малейшие измеиеиия в его поведеиии. Если ведомый делает что-то ие так, то ведущий начинает себя вести ииаче. Его шаги, дыхаиие и т. п. стаиовятся ииыми.

Не исключаю, что в простейших случаях идеомоторное объяснеиие работать может.

Но вот другой пример. Мой коллега рассказывал, как одиажды он заказал Мессингу очеиь сложную процедуру. Артист должеи был достать из внутреииего кармана его пиджака записную киижку и прочесть на определеииой страиице иесколько загаданиых им строк. Тот все безошибочно выполиил.

Можио ли себе представить, что столь сложиые операции проделываются за счет чисто сеисориого восприятня?

Я вам расскажу еще об одном очеиь сложиом, динамнческом заказе, выполиеином экстрасенсом В. Авдеевым, что произвело иа меия иеизгладимое впечатление.

Накануие мы с жеиой договорились, что внушим ему взять стоявший на пиаиино иебольшой пластмассовый «аквариум» иа подставке, под которым лежа-

ла легкая картонная гильза*, перенести его на стол, поднять аквариум, вынуть гильзу, поставить аквариум с подставкой на место, а гильзу водрузить на него сверху.

Пришел Авдеев, мы попили чаю, побеседовали на разные темы, пришли в хорошее расположение духа.

Из столовой я ушел в кабинет, а Авдеев остался в комнате вместе с моей женой и сыном.

Я подумал, что вряд ли смогу внушить своему перципиенту столь сложную процедуру.

Опыта подобного рода у меня нет, поэтому, решил я, сделаю попроще. И стал внушать, чтобы он взял с того же пианино не аквариум, а цветочную вазу, перенес на стол — и все.

Сосредоточившись, я неоднократно представлял себе, как испытуемый подходит к пианино, берет вазу и переносит на обеденный стол. Я мысленно как бы его вел.

Через некоторое время мне кричат из столовой: «Кончено, входи!»

И что же? Авдеев выполнил все действия с аквариумом!

«Валерий Витальевич, выполняя не мой мысленный заказ, а заказ с переносом «прибора Кулагиной», вы смотрели на мою жену?» — спрашиваю я.

«Нет, — отвечает, — я все силы сосредоточил на вас. Старался понять, куда вы меня направляете...»

«А ты пыталась воздействовать на нашего гостя?» — спрашиваю у жены.

«Нет, я пассивно наблюдала. Конечно, мне нравилось, что он выполняет все, как мы с тобой договорились».

Вот такой случай... Как его можно интерпретировать? По какому каналу был воспринят задуманный мной первоначально образ?

— Может быть, и здесь можно применить идеометрическую схему? Ваша жена — «ведущий», Авдеев — «ведомый». Он ощущает малейшие изменения в ее поведении. Если «ведомый» делает что-то не так, «ведущий» соответственно реагирует...

— Видите ли, я намеренно спросил у Авдеева, смотрел ли он в сторону жены. Он твердо сказал,

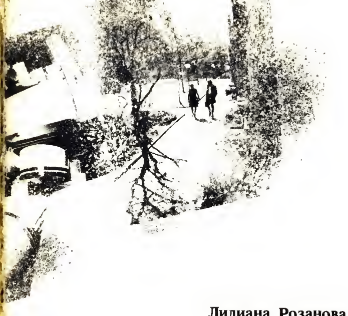
* Речь идет о приборе, использовавшемся в ранее описанном опыте с Н. С. Кулагиной.

что пытался сосредоточиться исключительно на мне... Возникает вопрос: по какому каналу был воспринят первоначально задуманный мною образ?.. Что это было? Волновой сгусток электромагнитного поля, проникший в Авдеева помимо его желания?.. Но как он его воспринял, как расшифровал? Я не знаю...

Похоже, что наши представления о пространстве-времени как своего рода вместилище материального мира адекватны действительности. Мир, по-видимому, имеет гораздо больше измерений. Вот почему близкие родственники, которые в пространственно-временных координатах находятся очень далеко друг от друга, в координатах... «пси-сферы» (назовем это так) могут соседствовать, чуть ли не «соприкасаясь» друг с другом...

В общем, вопросов здесь пока гораздо больше, чем ответов.





**Лилиана Розанова
и Карл Левитин**

К вопросу о любви

(сказка и антисказка)

Подари мне колечко совсем простое —
Не обручальное, не золотое,
Просто круглое, просто колечное,
Безначальное, бесконечное.
Л. Розанова

Нынешний читатель приучен уже ничему не удивляться. Но и он, наверное, в изумлении приподнимет брови, прочтя первую же фразу сказки: «Двое полюбили друг друга». И в самом деле, если и есть что-либо воистину фантастическое в нашем мире, так это то, что подобное в нем все еще иногда случается.

Сказка, которую вы сейчас прочтете, быть может, не самое лучшее из того, что написано Лялей Розановой (мне и сейчас странно называть ее Лилианой Сергеевной). Но она очень похожа на нее, насколько способно походить на автора его произведение. Она такой и была — доброй,

---

ЛИЛИАНА СЕРГЕЕВНА РОЗАНОВА (1931—1969) — кандидат биологических наук
КАРЛ ЕФИМОВИЧ ЛЕВИТИН — научный журналист, автор десяти научно-художественных книг

нежной, умной и несгибаемой. Маленькая хрупкая женщина с сердцем, больным от рождения, все годы, что училась в МГУ, была вожаком в бесчисленных студенческих делах, организатором первых студенческих целинных отрядов, агитбригад, исколесивших полстраны.

В редакцию журнала «Знание — сила», где я тогда работал, Ляля пришла уже кандидатом биологических наук, автором книг, многих статей, очерков, рассказов, песен, стихотворений. Не так уж долго была она сотрудником журнала, а след, оставленный ею, не стерся до сих пор, хотя прошло уже двадцать с лишним лет.

То, что написано Лялей, и эта сказка тоже удивительным образом пронизаны тем, что она думала, ее словами, интонациями. Она писала для своих, близких, способных понять многое из того, что подразумевается. Вся тонкость, однако, в том, что в число «своих» Ляля включала всех людей, сколько бы их она ни встречала. Кажется, не было человека, который бы ей не нравился. Из этого не следует, конечно, будто Ляля не умела и ненавидеть, но просто главное умение ее жизни было любить.

В журнале в те годы один за другим шли материалы о трансплантации различных органов, главным образом сердца. Ляля их и готовила, редактировала, посылала на визу, вычитывала гранки и верстки, спорила с оформителями, но где-то внутри думала о самом для нее главном. И вот появилась в журнале сказка «К вопросу о трансплантации сердца» (Знание — сила. — 1968. — № 11).

Сказка эта писалась в больнице и по листочку-по два отсылалась в редакцию по почте. Нет, она не о трансплантации сердца, а о любви и верности. Это не фантастика, а простая правда. Она все знала о сердце — столько раз приходилось ей самой оперировать его или смотреть, как это делают другие. И она лучше врачей понимала, что дела ее плохи, но так сильно хотелось ей скрыть это от своих друзей и близких, что до последнего дня она спасала нас от страшных мыслей. Она не боролась за жизнь, а просто жила и работала. И в один из дней в редакционной почте я нашел ее письмо, адресованное мне. Оно состояло из двух частей: «Деловое» и «Личное». В первой среди многих других пунктов был и такой:

«5. Теперь сказка. Мои замечания-просьбы сводятся, как нетрудно видеть, к проблеме шрифтов и отточий... Принципиально: «И никто не знал, что будет дальше» — точка. Не многоточие, а точка».

Вторая же часть начиналась словами, которые, собственно, и дают мне повод вернуться к тем теперь уже далеким временам. Ляля писала: «Меня обуяют разные чувства. Из них главное, конечно, любопытство насчет дальнейших интриг Профессора, всю ночь не спала, честное слово... Молю тебя: не томи, сообщи срочно, что дальше. Хоть своими словами. Пошли письмо-телеграмму.

Вообще эти два странных произведения — не паразиты один в другом, а симбионты. Сожительство гриба и водоросли, короче говоря — лишайник...»

Дело в том, что параллельно с Ляминой сказкой я писал свою антисказку, также по листочкам переправлял ее Ляле в больницу, чтобы хоть как-то ее позабавить. Конечно, мне уже и тогда хотелось, чтобы «гриб» и «водоросль» оказались когда-нибудь напечатанными рядом, хотя я, разумеется, понимал, что мои странички порождены Лямиными страницами и в лучшем случае несут на себе слабый отблеск ее таланта.

И если теперь я решился вновь вернуться к этому своему намерению, то только потому, что очень уж хочется, чтобы сегодняшний читатель не только прочел ту давнюю Лялину работу, но и представил себе, как она задумывалась и писалась и почему Ляля согласилась, чтобы ее сказка заканчивалась не точкой, а все-таки многоточием.

...Иногда мне видится некая комиссия, что расставляет все литературные произведения по полочкам и приклеивает к ним ярлыки вечным, безотрывным клеем. «Так что же это за вещь, — строго спросит председатель, — каков ее жанр и зачем вы поместили ее тогда в своем журнале, н-а-у-ч-н-о-п-о-п-у-л-я-р-н-о-м, обратите внимание?» — «Так ведь она и есть научно-популярная!» — отвечу я. — «Что же в ней тогда популяризируется, если не секрет?» — «Какой уж секрет — самое главное, любовь к людям».

К. Левитин

Лилиана Розанова

К вопросу о трансплантации сердца
(сказка)

Двое полюбили друг друга.

Сначала им нравилось встречаться у конечных станций метро, где местами сохранились еще естественные деревья с табличками на замшелых стволах: «Памятник природы, охраняется государством», и бродить по разноцветным дорожкам. Потом они стали брать на прокат прогулочный вертолет и по выходным отправлялись до Кольцевого канала и обратно. Наконец наступил день, вернее, вечер, когда они не расстались до утра. Утром он проснулся первым, раздвинул шторы, посмотрел на нее, маленькую, и ему впервые в жизни стало страшно — от мысли, что они могли разминуться.

Она стала приходить к нему каждый день, и теперь они проводили вместе все время, за исключением рабочих часов, но и этого не хватало им. Не хватало.

Им было уже не по шестнадцати, и они не сразу, но поняли, что произошло.

— Милая, — сказал однажды Он, молодой научный сотрудник, наделенный ясным и острым умом, — мы любим друг друга. Я думаю, так, как мы, еще не любили люди и вряд ли будут любить после нас.

Она ничего не ответила, потому что уже поняла это два или три дня назад; только подняла ресницы и опустила — словно кивнула.

— Нам выпал счастливый случай, — продолжал Он. — Ведь полюбить или не полюбить не зависит от человека. И если случится несчастье и мы разлюбим друг друга, — это тоже не будет зависеть от нашей воли. Клясться в вечной любви так же бессмысленно, как в вечной жизни. Пройдет год, или два, или десять — и все кончится, и позабудется. Представляешь?

Она не представляла. И когда попробовала представить, вскрикнула от ужаса.

— Милая, — улыбнулся Он, обнимая ее, — ты испугалась! Но разве я стал бы тревожить тебя понапрасну? Я придумал способ, как сделать так, чтобы мы не разлюбили друг друга никогда. Пусть законы движения Любви еще не познаны наукой — разве нельзя использовать достижения в смежных областях? Мы пойдем на операцию и обменяемся сердцами. Твое сердце будет биться в моей груди, а мое — в твоей. И тогда ничто нам не будет страшно. Ты согласна?

— Боже мой, какое счастье! — вздохнула Она и заплакала, успокаиваясь.

Они отправились к Профессору Медицины.

Профессор встретился им в стеклянно-матовых дверях операционной. Марлевая маска была уже сдвинута у него на шею, а в руках он привычно крутил слипшуюся резиновую перчатку; каждый перчаточный палец раздувался воздухом и выскакивал со звуком тихо открываемого шампанского.

Профессор выслушал их с большим вниманием. И пригласил в свой кабинет.

— А знаете ли вы, голубчики, — спросил он их с определенностью и нелицеприятностью, свойственной великим хирургам всех времен, — а знаете ли вы, голубчики, что вы задумали смертельный фокус? Вероятность благополучного исхода не превысит, как я полагаю, 69,3%.

Наступила пауза.

— Но ведь если мы попадем не туда, — очень волнуясь и стараясь сформулировать свою мысль как можно более точно, спросила Она, — если мы попадем не туда, а в оставшиеся 30,7%... то мы попадем туда вместе? Я хочу сказать, то есть я хочу спросить... ЭТО произойдет с нами одновременно?

— Да, — сказал Профессор, понимая, что ответил на главный для них вопрос.

— Но дело не только в этом, — продолжал он. — Строго говоря, никто еще не доказал, что органом любви является сердце. Данные сегодняшней науки в своей совокупности свидетельствуют скорее, что любовь возникает в результате взаимодействия импульсов коры головного мозга и ретикулярной формации. Тогда операция вообще бессмысленна.

— Но позвольте, профессор, — вежливо перебил Он, — если бы это было так, влюбленные никогда не теряли бы голов. Между тем известно, что человек от любви теряет голову. Сердца — не теряет.

— А пожалуй, — сощурился Профессор Медицины и

снова внимательно посмотрел на них: иа Него н иа Нее. — Зиаете, в этом что-то есть. Хорошо, я подумаю.

Он велел нм оставнть телефои в регистратуре и идтн домой. А себе заказал нз буфета крепкого чаю.

Сначала Профессор пытался вспомннть, откуда эта фраза, которая почему-то пришла ему на ум во время разговора: «Они жилн долго н умерлн в одии день». Так называемой беллетрнстнки он нз-за крайней своей заиятостн почти ие чнтал — разве что на сон, что-нибудь современное. Но современники уже не пнсали так — «Оин жили долго н умерли в один день», — нз чего Профессор заключил, что зто кто-то нз старинных авторов, которыми увлекалась его жена. Жена ушла от иего много лет иазад, н он продолжал любнть ее так, как можио любнть воспомниаиие, а все, что было у иего потом, ие нмело прямого отношения к слову «любовь». Впрочем, неверио было бы сказать, что ои ие знал счастья: это был прнзнанный теоретик медицины, виртуозный практик, автор фундамеитальных нсследований по ликвидации очагов инфаркта в крупных городах, члеи различных академнй н лауреат премнн Лунса Вашканского. Сейчас — н Профессор понимал зто — жизнь его вступила в ту фазу, когда все предопределениые судьбою вершнны взяты н оставшиеся годы иадлежит употребить для углубления н разработки.

Технически это иесложно, размышлял Профессор, рнсуя на листке отрывного календаря схему операцин н прнкидывая, кого нз сотруднков иадо поставить в асснстеиты, кого — на наркоз, на заморозку, к дефнбрилляторам, знцефалографам н кардиографам, к окснгемометрам, коагуляторам, АИКам, а кого — еще куда. Но что потом? Неизвестно, что потом, Непредсказуемо. Попробовать сиачала на собаке?.. Вот бредовнна, вот чушь собачья, хорошо, что нйкто не слышит его мыслей. Коиечно, зто рнск, но если не я, то кто же?

Ему туманио представлялась высочайшая вершина, вставшая на его пути, да не вершина, а гориый хребет, едва проступающий сквозь облака, н от сознания, что ои может не одолеть ее или, еще хуже, пуститься в обход, глубокая печаль охватила его. Чувство это было почти иезнакомо Профессору, поскольку оно как никакое другое требует свободного времени, а времеин у иего всегда было в обрез. Был бы я помоложе, думал ои, ах, был бы я теперь совсем молод, как в те времена, когда мы... Они жили долго и умерли в один день — кто же напнсал зтн прекрасные слова?

Таким образом, ои пришел к тому, с чего начал.

...Их поместили в специальной палате, разделениой надвое стеклянной перегородкой, — так что они могли смотреть друг на друга сколько захочется. Трое аспирантов н один переодетый аспнрантом корреспондент молодежиого журиала дежурили возле них. Спрятаиные за стенами палаты прнборы круглосуточно чертили свон крнвые в соответствнн с процессамн, протекающимн в их организмах; другие прнборы заннмались иепрерывной дешифровкой сннусонд н пиков, а третьи суммировали полученную нифор-

мацию, сопоставляли, делали выводы, выдавали прогнозы и отправляли все это в кабинет Профессора.

—. Та-ак,.. — говорил Профессор, внося короткие заметки в свою записную книжку, — так-так.

Наступил день операции.

Он и Она почти не боялись.

Лежа на соседних операционных столах под стерильными простынями, они молча глядели друг на друга, пока не заснули: сначала Он, потом Она. Заснули и провалились в пахнущее йодом, нестрашное, черное и беззвучное Небытие.

— Скальпель, — сказал Профессор.

У них оказались тренированные, надежные и нежные сердца — работать с такими одно удовольствие.

Операция длилась шесть часов пятнадцать минут.

Еще через десять часов они проснулись: сначала Она, потом Он. Четверо аспирантов дежурили у их постелей; Профессор, убедившись, что все идет, как нужно, дремал на стоящем возле палаты топчане.

Они проснулись и улыбнулись друг другу, как всегда улыбались по утрам.

Сообщение ТАСС

Вчера в клинике Профессора Медицины впервые в мире произведена обоюдная пересадка сердца от мужчины женщине и наоборот по их просьбе. Операция прошла успешно, состояние пациентов удовлетворительное. Проводимый эксперимент имеет не только практическое, но и громадное теоретическое, морально-этическое и познавательное значение.

...Корреспондент молодежного журнала в ту ночь не ложился спать. Наутро очерк «Покорится ли Любовь человеку?» лежал перед Главным Редактором. Редактор поморщился, исправил название («И Любовь покорится Человеку!»), черкнул рубрику: «Репортаж номера» — и срочным досылом отправил прямо в набор.

— Говорит радиостанция «Юность», говорит радиостанция «Юность»! С разрешения Профессора Медицины наш корреспондент по установленному в палате видеофону связался с пациентами и задал Ему и Ей один и тот же вопрос:

— Как вы себя чувствуете?

— Люблю, — ответил Он.

— Люблю, — ответила Она.

От имени многомиллионной армии слушателей наш корреспондент поблагодарил Профессора и пациентов за интервью и пожелал им больших успехов в личной жизни.

А стоял май, и на тройные фильтры, вставленные в распахнутые окна палаты для ограждения от вирусов и микробов, лип снаружи тополиный пух. Запахи весны густо ме-

шались с запахами медикаментов, образуя неведомые науке ароматические вещества. Послеоперационный период тек без осложнений. Ему и Ей разрешили понемногу разговаривать, потом смотреть телевизор, листать прошлогодние журналы, играть в поддавки и «замри» и слушать записанные на магнитофон птичьи голоса. Они делали все это больше для того, чтобы доставить удовольствие врачам. Лучшие минуты наступали после вечернего обхода, когда все покидали палату и зажигались синие ночники. Они научились не замечать гудения приборов, постукивания метрономов, тиканья часов, — так что было тихо-тихо.

Профессор Медицины в своем кабинете просматривал последние сводки и шел домой мимо палаты на цыпочках, стараясь не шуметь.

Больше «за», чем «против»
(Из выступления Профессора Генетики
в тонком журнале)

Оглядываясь на путь, пройденный человечеством, поражаешься, сколько раз его бросало от полигамии к моногамии и обратно. По-видимому, сейчас мы стоим на пороге нового эволюционного, популяционного, типологического, филогенетического и евтехнического этапа, который я назвал бы структурированно-моногамным. Люди просят пересадить им сердца — давайте пересаживать. Почему бы и нет? Раз открыли — значит созрели.

...Летом было зелено и жарко. Они проводили дни в больничном саду, где мощные вакуумные, лазерные и ультрафиолетовые установки разгоняли микробов и создавали над ними полусферическое стерильное пространство. Пространство следовало за ними по пятам, так что они могли купаться в пруду, есть мороженое и пить газированную воду из автоматов. Ни у Него, ни у Нее давно уже ничего не болело, только слева на груди осталось по узкому гнутому шраму. Можно было собирать гербарии, загорать и кататься на осликах. Дожди шли редко, а когда шли, то крупными теплыми каплями, и хорошо было смотреть из-под клена, как в лужах с бульканьем рождаются маленькие радужные полусферы. Цвели тюльпаны, сирень, анютины глазки, потом пионы, маргаритки, цветной горошек и ноготки, наконец, георгины, гладиолусы, астры, подсолнухи и золотые шары. Было похоже на рай.

Из диссертации оперативного социолога,
защищенной некоторое время спустя

Мы провели сравнительное анкетирование школьников-семиклассников Химки-Ховринского района столицы и деревни Полупеньки Черноземной области. Анкетируемым был задан один вопрос: «Хотели бы вы подвергнуться подобной операции?» В сельской местности положительно ответили 50%, в столице — 85%, при этом некоторые ответившие

отрицательно мотивнровали свой отказ тем, что боятся родителей.

Больше «против», чем «за»
(Из выступлеиия Профессора Философии
в толстом журнале)

Мы ие можем ждать милостей от природы, взять их у иее — иаша задача. Весь вопрос — что считать милостью и, кстати, что считать любовью. Терцнум нон датур*. Мы научились бороться с отторжеиием, ио еще ие позиали опасиости вторжеиия. Как далеко мы можем вторгаться? И еще вопрос: стаиет ли личность счастливее, если мы лишим любовь ее сердцевины, ее санкта санкторум**, — возможности свободного передвижеиия? Накоиец, главное: как все это скажется на иаследоваинн приобретеиных признаков? Будем осторожиы! Днкси***.

Из интервью, даниого Профессором Медициiы
представителю агентства «Иитерпресс»

— Do you plan to prolong the operations of that kind in the future?****

— Плэн, голубчик, плэи, черт бы вас всех брал!

Стояли последние осеииие дни, задули умереииые ветра. Вот-вот должеи был пойти первый снег, а ои действительио пошел в ту ночь, когда Профессор Медициiы не ушел из клиники. Ои сидел в своем кабиtете и размышлял. Ах, дурии, дурни, думал ои, разве в стрептококках дело? Разве в стафилококках? Или в фильтрующихся вирусах! Сердца отлнчио прижились. Ои и Оиа давиым-давио здоровы и ничем ие отличаются от обычных людей. В иашей стерильной полусфере они любят друг друга, как до сих пор ие любили люди, но что будет, когда они поселятся в своей однокомиатиой квартире иа двенадцатом этаже? Вот в чем, в сущиости, смертельный фокус. Оиа стаиет жарить полуфабрикаты, а ои читать журнал «За рубежом». Носки, рубашки, забей гвоздь, почини краи, опять яичиица, почему ие купил зубную пасту... Теща, свекровь, приятели, кандидатские экзамеиы... Няиьки, ясли, диспепсия, свиика... Отторгиется нли не отторгиется? Непредсказуемо, неизвестио.

Профессор придвииул к себе календарь и стал считать, сколько дней прошло после операции. Получилось ровио шесть месяцев.

— Пора, — вслух сказал Профессор.

Ои прошел в аппаратную и вырубил все рубильники — вакуумный, лазериый и ультрафиолетовый. Потом подошел к

* Третьего ие даио (лат.).

** Святая святых (лат.).

*** Я сказал (лат.).

**** Плаиируются ли у вас подобиые операцни в дальнейшем? (англ.).

палате, стукнул в дверь, и не дожидаясь ответа, громко сказал:

— Идите домой, ребятки.

Из окна своего кабинета он увидел, как две фигуры появились из приемного покоя, поцеловались в сиреневом пятне фонаря и пошли, оставляя темные следы на белом снегу.

Профессор надел пальто и отправился за ними. Рубчатые следы его больших ботинок печатались сбоку от сплетающихся цепочек их следов. Отторгнутся или не отторгнутся? Если отторгнутся, то когда? — думал он. Во всяком случае ЭТО произойдет с ними одновременно — а разве этого мало?.. Они жили долго и умерли в один день.

Тут Профессору надо было сворачивать, он посмотрел на прощанье им вслед, но уже ничего не увидел за косым снегом.

А Он и Она все шли и шли. Их дом находился от клиники далеко, и когда они добрались до него, настало утро.

За это время тяжелые облака ушли и снег растаял.

И никто не знал, что будет дальше...

Карл Левитин

Еще раз к вопросу о трансплантации сердца

(антисказка)

Так все и было. И в то же время все было не так.

Они, конечно, шли, порой даже бежали домой. И на самом деле шел косой снег и вправду было красиво, как в объемном кино. И действительно, никто не знал, что будет дальше. Никто, кроме Профессора Медицины, который только теперь на перекрестке, когда Он и Она скрылись из виду, вдруг перестал бояться.

Все эти шесть месяцев и три дня его не покидал страх. Чувство это было вовсе незнакомо Профессору — быть может, из-за крайней его занятости, а скорее потому, что у Профессора просто не было близких людей. Но, видно, что-то случилось с ним, когда он впервые увидел этих двоих в стеклянно-матовых дверях своей операционной. Сколько тысяч раз стоял он тут, привычно снимая перчатки, но только теперь вдруг заметил, что пальцы выскакивают из них как пробки от шампанского. А заметив это, он не мог не увидеть, что перед ним двое абсолютно счастливых людей. Он понял это сразу и безошибочно, а поняв, пригласил их к себе в кабинет. Там, так и не сняв сдвинутую на шею марлевую повязку, он строгим профессорским голосом спросил, что их беспокоит.

Они переглянулись удивленные — ведь только что в операционной он с большим вниманием выслушал их просьбу. Им было уже не по шестнадцать, и пусть не сразу, но они все-таки могли бы понять, как далеко от них был в тот мо-

мент Профессор. Но ни Она, ни даже Он этого не поняли — состояние абсолютного счастья притупило и Его острый и ясный ум научного работника.

А Профессор думал: вот я пять лет извел на три своих тома «Ликвидация очагов инфаркта в крупных городах», а какой во всем этом смысл, если даже в мелких городах уже не встречаются абсолютно счастливые люди? Ведь эти двое — научный казус, абсурд, нонсенс, все равно как чума или холера, или острая форма шовинизма. Из его ассистентов половина забыла даже, как называется это состояние по-латыни, кое-какие симптомы помнят разве что безнадежные зубрилы. А наблюдать в жизни — он и сам-то, пожалуй, до сих пор ни разу...

Он сел за стол и стал слушать, как всегда понимая каждое сказанное и утаенное слово.

Идея не потрясла его. Он и сам, рассуждая чисто абстрактно, не раз думал, что любопытно бы было пересадить два вполне здоровых сердца от донора к реципиенту и обратно, а затем понаблюдать кое-какие побочные явления. Но конечно, и в мыслях не держал сделать когда-нибудь такой чудовищный эксперимент — ведь, кроме чисто познавательного интереса, толку в нем никакого не было, а жертву ради науки он понимал не больше, чем самоубийство из-за несчастной любви. Но теперь неожиданно операция приобрела некоторый смысл для самих больных — то есть, конечно, здоровых, одним словом, для пациентов.

Профессор слушал, как уверенно и четко Он излагал свои мысли, и искушение согласиться все больше овладевало Профессором, но он решил еще попугать Его и Ее «смертельным фокусом» — взял с потолка до смешного низкую вероятность благополучного исхода — 69,3%. Они проглотили эти издевательские три десятые, а Она не устрашилась сама высчитать, сколько же процентов отпустил он на все их счастье. Тогда Профессор понял, наконец, что для себя они все давно решили, и попытался поговорить с ними всерьез, особенно с Ним, как мужчина с мужчиной и как ученый с ученым. С чего это Он взял, что органом любви является сердце? Авторитеты, напротив, убеждены в обратном, и Профессор пустил в ход два самых главных жупела: кору головного мозга и ретикулярную формацию.

Но когда Он привел свой смехотворный довод о том, что влюбленные-де теряют головы, но не сердца, Профессор не стал больше спорить: не мог же он опуститься до полемики на таком уровне. Вместо этого Профессор еще раз усилием воли придал своему лицу особое выражение, свойственное великим хирургам всех времен, но неожиданно для самого себя как-то нелепо сощурился и произнес: «А, пожалуй, знаете, в этом что-то есть. Хорошо, я подумаю. Оставьте свой телефон в регистратуре и можете идти домой». Эти фразы — и он это прекрасно понимал — ничего не означали.

...Чай из буфета давно остыл, а Профессор все пытался вспомнить, откуда же эти прекрасные слова, что пришли ему в голову: «Они жили долго и умерли в один день». Память

ничего ему не подсказывала. Тогда он решил утешиться испытанным способом — стал рисовать еще и еще раз схему операции, выдергивая один за другим листки отрывного календаря и покрывая их с обеих сторон кружочками, ромбиками и тощими ровными буквами. Он продумал все: кого куда поставить и что будет делать он сам. Но это была пока лишь забава для ума, детская игра, потому что оставался главный вопрос, не решив который, он никогда не взялся бы за дело. А именно: вдоль или поперек речки надо строить мост? В данном случае главный вопрос распадался на два и оба звучали убийственно: а) есть ли хоть какой-нибудь смысл в задуманном Им и Ею? б) если нет, то посмеет ли он сделать бесполезной, хоть и соблазнительный эксперимент на живых людях? Да или нет? Ненужное зачеркнуть.

Не додумавшись ни до чего хорошего или хотя бы мало-мальски разумного, Профессор пошел домой. Там он попробовал было занять себя привычными делами, но скоро понял, что это бесполезно. Он положил перед собой большой лист бумаги, остро очинил карандаш, надел очки и стал обсуждать проблему сам с собой вслух, одновременно рисуя чертиков. Испытанный метод оправдал себя, потому что вскоре Профессор подобрался к таким примерно рассуждениям.

Строгих оснований считать сердце органом любви у современной науки нет. Это раз. Однако в рассматриваемом случае постулируется, что оба организма будут все время пребывать в близком контакте. Поэтому нельзя исключить взаимовлияния сердец, особенно в экстремальных условиях. Это два. А три: если тогда по какой-то причине одно сердце перестает выполнять свои функции органа любви (в предположении, что оно их могло выполнять), то и другое получит соответствующий импульс на выключение тех же функций. Таким образом, принимая во внимание скорости протекания физиологических процессов, взаимная дисфункция может наступить в течение одного дня. И лишь в крайнем, но теоретически возможном случае оба сердца могут вообще перестать действовать.

«Они жили долго и умерли в один день». Бедные ребятки! Из целой мудрости ухватились за половину. Психологически вполне оправдано — максимализм юности. Как же, учили: аут Цезарь, аут — нихиль (или Цезарем или никем). Все или ничего. Но сначала-то «они жили долго»! А в этом вопросе Профессору незачем обращаться к авторитетам — они сами, чуть где кольнет, бегут к нему.

Баста, конченo, долой эту блажь! Чтобы жить долго, человеку нужно здоровое сердце, и лучше всего — его собственное. От чужого прок, только уж если свое не заштопаешь, — хотя именно тут больше всего и пригодилось бы свое, да только молодое. Сейчас их оперировать — чушь собачья. Вот если бы потом, лет этак через десять, когда случится ЭТО, чего они боятся больше смерти, исчисляемой 30,7%, — вот тогда бы как раз и пересадить им их же сегодняшние сердца! Это была бы операция, за такую потом не грех получать любую премию. Только вот чудес не

бывает. И в его молодые годы, тогда, в прошлом, тоже не случилось чуда.

И опять, как утром в кабинете, ои подумал: «Был бы я помоложе, ах, был бы я теперь совсем молодым, как в те времена, когда мы...»

Нет, положительио что-то с ним стряслось. Откуда эта дурацкая сентиментальиость? Всю жизиь он обходился без ахов и охоа. Даже тогда, когда мы...

Тут Профессор швырнул об пол остро отточеииый караидаш, кинул в угол очки и прокричал самое страшное ругательство, которого так боялись его ассистеиты н аспиранты.

— Ни композиции, ин нитуиции! — неистовствоаал ои. — Старый дурак! Один раз в жизни чудо само просится в руки, а он чуть ие проморгал его со своей заумной философией. Ему, видите ли, в молодости ие раздобыли в нужиый момеит его юиое н безгрешное сердце, так ои уже и подумал, что... Ах, дурак, старый безмозглый дурак!

Он прямо-таки бросился к своему старомодному видеотелефону и целых десять минут вращал диск и бранился с кибериетической девушкой иа межкоитинеитальной, проклиная себя, что отказался поставить дома современный аппарат мгновенной связи. Накоиец, экраи засветился, и ои услышал стандартное: «Интерплаит» готов, чтоб ты был здоров!» В ответ он назвал свой не меиее иелепый пароль «Рагиерня — знак доверия» н потребовал немедленно прислать два сердца группы А-экстра-специаль в пылевлаготермонепроницаемой упаковке.

— Фонд клиники? — для проформы осведомился сотрудник «Интерплаита».

— Мой личный фонд, — сухо ответил Профессор.

Он увидел, как круто вверх полезли брови вежливого япоица, и поежился, когда стереофоиическое аосклицаиие убежало за спиной куда-то в коридор. Но межконтниентальная отключила каиал, и экраи погас.

Впрочем, Профессору это было уже безразлично. Пусть удивляются сколько хотят. Что с того, что нн разу ои ие пользовался своим правом получать сердца для личиых экспериментов? А теперь вот взял да и воспользовался. Конечо, ие легко будет иайти А-экстра-специаль, да еще не одио, а целых два, ну да уж пусть голубчики постараются — и он тоже иемало чего сделал для этого «Интерплаита», а если поразмыслить, то и для всяких других «плантов» тоже...

Этим мелким хвастовством Профессор ободрял себя, потому что хотя все предопределенные судьбой вершиины были им как будто и взяты, а тем не меиее он только что отправился штурмовать горный хребет, где людей до него не было.

Вот с этого момеита он и иачал бояться: то, что раздумает н не решится, то, иаоборот, что решится и не раздумает. И дома и а клинике ои все время или беспричинио хмурился, или вдруг столь же беспричинно улыбался. Так продолжалось все трн дня, пока Профессор ие приказал найти в регистратуре иомер Его телефоиа. А когда оии пришлн во

второй раз, такие же счастливые друг другом, ои уже не улыбался и не хмурился. Он решился.

Операция прошла без иеожидаииостей, и особеино иитересиого сказать о ней иечего, исключая лишь ее фаитастическую длительность. Правда, злопыхатели иамекали, что Профессор стал архносторожен н боится под заиавес совершить какой-нибудь промах. Но даже они не могли придумать, на что ушли шесть часов и пятиадцать минут.

Все видели, как Профессор вынул оба сердца — сначала Его, потом Ее — сам, не доверяя никому, положил нх, каждое отдельно, в Камеру подготовки. Он сам рассчитал программу ее работы и сам ввел ее в приемиое устройство. Конечно же, это могло бы вызвать удивление, если бы ие всем известяая чудаковатость Профессора. Куда, пожалуй, удивительнее было другое: промежуточные траисплаитаты — два великолепиых сердца — Профессор получил неведомо откуда н ие зарегистрнровал в фонде клиники. Но об этом зиали лишь иесколько человек.

Профессор задумал операцию двухступенчатой. Предполагалось, что пока Его и Ее сердца находятся в Камере, вместо них поработают специально подготовлеииые трансплантаты. Затем их удалят и подключат Его и Ее сердца, ио только, естественио, крест иакрест. Так остроумно разрешались различные иммуиологические и специфические хирургические вопросы. На этом же держался и весь тщательно продумаииый Профессором плаи. В течение иескольких часов виртуозио сшивая н разрезая мышцы, сосуды, артерии, жонглируя, как фокусиик, сразу четырьмя сердцамн, а также примеиив (несмотря на отвращение к иему) массовый гипноз, он должен был тайио ото всех оставить в Камере подготовкн Его и Ее сердце, а им поставить два А-экстра-специаль.

Шесть с лишиим часов ассистеиты и аспираиты наблюдали, как мелькают пальцы Профессора. Слушая лишь его резкие команды, они потеряли ощущение реальиости, а переодетый аспираитом корреспондеит молодежиого журиала трижды падал в обморок. И естествеиио, все оии проглядели хитрый трюк, ради которого Профессор виртуозно затянул операцию чуть ли не вдвое.

А потом появилась армия корреспондеитов. Кино- н телеюпнтеры. Шумиха н неразбериха захватили всю клиинку. Профессор только н делал, что визировал бескоиечные «Колоики обозревателя», «Факты и комментарин», «В лабораториях учеиых», «Наука на марше», очерки, статьи, репортажи и прочую продукцию. Скрепя сердце, он писал: «Явных противоречий с нстиной нет». Это была самая честная формулировка изо всех, что ои смог придумать.

Профессор не терпел лжи, а тут ему приходилось воднть за иос весь просвещеииый мир. Но пока ие стаиет известным нсход операции, он иамереиио никому ни о чем ие говорил. В случае самого худшего нсхода — в медициие о ием, к сожалению, приходится думать всегда — ои иамеревался отвечать за все только сам, целиком действуя иа свой страх и риск.

Он спал на топчане рядом с их палатой, и когда его разбудили, чтобы доложить: кардиограммы в пределах нормы, давление, пульс, дыхание отличные — он понял, как боялся все это время. Но постепенно страх проходил.

«— Как вы себя чувствуете?

— Люблю, — ответил Он.

— Люблю, — ответила Она».

Услышав этот бесхитростный радиорепортаж, он почувствовал, что с души его словно свалился камень и впервые за всю жизнь подумал о журналистах почти с симпатией. Впрочем, постоянные нашествия на клинику быстро стерли в его памяти эти минуты душевного расслабления. Когда огромный нагловатый детина из «Интерпресса» задал ему свой идиотский вопрос о том, не планирует ли он делать такие операции в будущем, Профессор не сдержался и, передразнивая, прокричал: «Плэн, плэн, черт вас подери, бездельники проклятые!» — хлопнул дверью и отказался от всех интервью и бесед (назавтра, увидев в газетах свой подправленный ответ, он устыдился и вновь открыл доступ в клинику для прессы).

И опять потекли статьи в тонких и толстых журналах, но время теперь потекло быстрее. Наконец, наступил день, когда Профессор постучал в дверь их палаты и, не дожидаясь ответа, сказал: «Идите домой, ребятки».

До самого перекрестка он шел вслед за ними и все думал, как это неплохо — жить долго и умереть в один день. Но и он тоже кое-что сумел сделать. Да, именно он, старый, знаменитый на весь мир, но давно списанный в архив науки грубиян и сквалыга. Вот этими самыми венозными руками. И когда они свернул к себе, а косой снег скрыл Его и Ее, Профессор почувствовал, что, пожалуй, впервые за многие годы он счастлив — вопреки здравому смыслу, формальной и диалектической логике.

Дома он, тоже впервые за последние два десятилетия, предался интеллектуальному разврату. Едва проглядев утренние выпуски «Ежечастного вестника научных открытий», он сел в свое любимое кресло, подвешенное по совету психологов в двух метрах от пола, и стал думать — о Нем, о Ней и немного о себе.

«Завтра же надо переложить сердца в хорошее место, в Биованну, — подумал он. — И еще надо ввести в курс дела лабораторию. А то эти орлы-молчальники что-то, наверное, заметили, что-то сообразили, ходят хмурые, а заговорить первыми не решаются. Конечно, я вряд ли увижу, как Он и Она придут в клинику с вечной людской надеждой на чудо, зная в душе, что чудес не бывает. И не я это чудо совершу — первое, в сущности, чудо в истории, о котором стоит всерьез говорить. «Как вы себя чувствуете?» — спросит очередной балбес из очередного журнала. А что они ответят? Да, что ответят они?

Неважно что, неважно что именно они ответят. Но в груди каждого тогда будет не боль, а молодое, здоровое, любившее, а быть может, и любящее сердце. И это главное. Как это по-латыни? Угу, менс сана ин корпоре сано (в здо-

ровом теле — здоровый дух). Диксн, как сказал бы тот идиот из философии».

Профессор закрыл глаза, но не задремал, а стал медленно прогонять перед собой лучшие из своих операций. Они шли одна за другой, но не в затылок и даже не строем, а гурьбой, вперегонки, и каждая о чем-то напоминала ему, словно наталкивая его на какую-то самую важную мысль. И она пришла — простая, стройная, прозрачная, до обидного очевидная. Человеческое бессмертие, облеченное в четкий алгоритм хирургии и фармакологии, стояло перед Профессором, откинув хитросплетение фактов и артефактов, которые Природа нарочно разбросала перед людьми. С неиспытанным никогда прежде наслаждением он окунулся в поток быстрых, ясных мыслей. Больше всего на свете он хотел успеть додумать их до конца, потому что начал понимать, когда приходит к человеку такое прозрение. «Так вот, значит, как ЭТО бывает», — сказал он сам себе, но не ощутил ни горечи, ни страха.

...Вот так все и было, хотя, быть может, выглядело и поиному.

А назавтра:

ОТ КОМИТЕТА ПО ПРЕМИЯМ ИМЕНИ ЛУИСА ВАШКАНСКОГО

Вчера скончался лауреат премии имени Луиса Вашканского, член Академии навук, искусств и наук о навуках и искусствах, председатель... почетный гражданин... Профессор Медицины. Бальзамирование тела и снятие отпечатков мозга производится по категории 01А/кввк.

Спустя две недели:

ИЗ ДОКЛАДНОЙ ЗАПИСКИ УПРАВЛЯЮЩЕМУ МЕДИЦИНСКИМИ РАБОТАМИ

...Сотрудники лаборатории, ранее возглавляемой покойным Профессором Медицины (следуют все титулы), отказались выполнить указание руководства клиники сдать полученные из Фонда «Интерпланта» два сердца класса А-экстра-специаль. Более того, они самовольно перенесли их из Камеры подготовки в Биованну, мотивируя свои действия тем, что их бывший шеф поступил бы именно так. Далее, поскольку руководство клиники настаивало на принятии административных мер к сотрудникам бывшей лаборатории Профессора Медицины (титулы опущены), вышеназванные сотрудники через голову начальства обратились в «Интерплант» с запросом о порядке использования полученных трансплантатов. Выяснилось, что согласно Уставу трансплантаты, выдаваемые по личным заявкам в личные фонды лауреатов премии имени Луиса Вашканского, подлежат в случае смерти фондодержателя передаче его научным коллегам. Правило это содержится и в экземпляре Устава, имеющемся в клинике, однако оно не было известно руководству, так как до сих пор своим правом получать два трансплантата в год для личных экспериментов лауреаты по традиции не пользовались.

В настоящее время в клинике создалось ненормальное положение. С одной стороны, бывшая лаборатория Про-

фессора Медицины иаходится в открытом конфликте с руководством клиники. С другой стороны, адмииистративиые меры к ее сотрудникам применеиы быть ие могут по юридическим соображеииям. Накоиец, два полученных Профессором («Медицины» опущено) трансплантата продолжают оставаться в Биование, чем наиосится вред делу иаибыстрейшей обращаемости трансплантатов и резервных органов.

Прошу Ваших указаний.

Подпись.

Еще через месяц:

ИЗ РЕЗОЛЮЦИИ ДИРЕКТИВНОГО ОРГАНА

§ 35. Лаборатории присвоить имя Профессора Медицины и предоставить в ее распоряжеиие все ранее прииадлежавшее ей оборудоваиие, включая аппаратуру, медикамеиты и прочие необходимые для работы материалы, прииадлежавшие ранее лично Профессору Медициiны.

§ 36. Руководству клиники указать, что экспериментты, проводимые в Лаборатории им. Профессора Медицииы, имеют, по заявлеиию миогих крупиых учеиых, мировое зиачеиие.

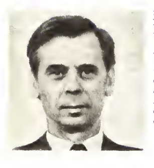
§ 37. Обязать...

§ 38. Возложить...

§ 39. Заслушать...

Но что будет дальше — этого по-прежиему никто ие зиал...

Книга живой природы написана биологическим языком. Однако некоторые ее разделы, в частности фотосинтез, удобно описать «технократическими» терминами, что позволяет по-новому взглянуть на механизм фундаментального биологического процесса



Геннадий Германович Комиссаров — *физикохимик, биофизик, доктор химических наук, заведующий лабораторией фотобионики Института химической физики АН СССР. Основные работы посвящены моделированию фотосинтеза, его механизму, исследованиям в области фотоэлектрохимии органических полупроводников.*

Фотосинтез — метаморфозы энергий

Фотосинтез — сложный биологический процесс, состоящий поменьшей мере из нескольких сотен окислительно-восстановительных реакций, в результате которых из воды и углекислого газа под действием солнечного света образуются углеводы и выделяется кислород:

$$H_2O + CO_2 \xrightarrow[\text{пигменты,}\ \text{ферменты}]{\text{свет}} CH_2O + O_2\uparrow .$$

О масштабах этого процесса говорят следующие данные. Фотосинтезирующие организмы ежегодно усваивают $3{,}5 \cdot 10^{11}$ т углекислого газа, выделяют в атмосферу $2{,}5 \cdot 10^{11}$ т кислорода, образуют $2{,}3 \cdot 10^{11}$ т органических веществ (в пересчете на сухой вес). Благодаря фотосинтезу на Земле стало возможным существование животных (в том числе и человека).

Как протекает фотосинтез, каков его механизм, как происходит превращение энергии в этом уникальном процессе — все это остается загадкой для исследователей. По этому поводу высказываются различ-

ные гипотезы. Об одной из них, основанной на широком привлечении физико-химического моделирования, мы поговорим в этой статье.

Написанное выше уравнение фотосинтеза может быть представлено в виде двух основных стадий. На первой, так называемой световой, стадии фотосинтеза происходит разложение воды с образованием водорода [H] и молекулярного кислорода:

$$H_2O \xrightarrow[\text{пигменты}]{\text{свет}} [H] + O_2\uparrow.$$

Кислород как побочный продукт выбрасывается в атмосферу, а водород вступает во вторую (темновую) стадию фотосинтеза, где реагирует с углекислотой, в результате чего образуются углеводы:

$$[H] + CO_2 \xrightarrow[\text{ферменты}]{} \{CH_2O\}.$$

Для этой стадии свет не нужен. Фиксировать углекислоту могут клетки печени животных (например, крысы) при наличии донора водорода. Вся специфика фотосинтеза заключена в первой, световой стадии, где происходит трансформация энергии.

При фотосинтезе солнечная энергия превращается в химическую: $E_{свет} \longrightarrow E_{хим}$. Отметим попутно, что в продуктах фотосинтеза ежегодно «консервируется» 10^{18} ккал солнечной энергии. Естественно предположить, что при трансформации энергии возникает некая промежуточная ее форма, которая исчезает при прекращении действия света. Если при фотосинтезе в качестве основной действующей единицы, преобразующей свет, выступает отдельная молекула хлорофилла, то в качестве промежуточной формы следует рассматривать энергию возбужденного состояния молекулы (синглетного или триплетного). Как было показано нами в 1964 г., молекула хлорофилла «работает» не как кустарь-одиночка, а предпочитает объединяться с соседями, даже когда их очень мало, образуя агрегат молекул.

Хлорофилл — типичный фотополупроводник, то есть под действием света в нем генерируются электроны и дырки, что, в свою очередь, может означать возникновение в микромасштабе электрического тока. Поэтому трансформацию энергии при фотосинтезе можно представить в виде последовательности: $E_{свет} \longrightarrow E_{элект} \longrightarrow E_{хим}$. Такие рассуждения позволяют подойти к выяснению тайны фотосинтеза с новых позиций физико-химического моделирования.

Итак, попробуем решить следующую задачу. Есть у нас вода, свет, хлорофилл; требуется разложить воду с выделением молекулярного кислорода. До недавнего времени считалось, что решить эту задачу под силу лишь фотосинтезирующим организмам. Основная трудность заключается в том, что вода представляет собой довольно прочное химическое соединение, для разрыва связей в котором необходимо накопить энергию 3-х, 4-х квантов видимого света. Зеленому листу как-то удается проделать эту операцию.

Мы рассуждали следующим образом. Последовательность превращения энергии можно разбить на два этапа: $E_{свет} \longrightarrow E_{элект}$ и $E_{элект} \longrightarrow E_{хим}$. Причем если у нас есть электрическая энергия, то осуществить ее трансформацию в химическую не представляет сложностей. Более того, это давно реализовано в технике — в промышленных устройствах, где происходит электролиз воды. В современных электролизерах этот процесс протекает с высокой эффективностью (выход по току составляет 96%).

Таким образом, задача значительно упрощается, поскольку остается найти лишь способ трансформации $E_{свет} \longrightarrow E_{элект}$. *Мы предположили*, что *для* этой цели следует обратиться к так называемому фотовольтаическому эффекту. Суть его чрезвычайно проста. Представьте, что в стеклянный сосуд, заполненный раствором электролита, опущены два электрода. На одном из них нанесена пленка красителя. Если осветить пленку, то между двумя электродами возникает разность потенциалов (фотопотенциал). Этот эффект впервые в 1854 г. описал французский физик А. Беккерель (***Becquerel***). В своих работах наряду с другими красителями он использовал также и хлорофилл, установив, что фотосинтетический пигмент проявляет фотосенсибилизирующие свойства, то есть очувствляет металлический электрод к действию красного света.

В 1964 г. в нашей лаборатории стали изучать фотовольтаический эффект с тем, чтобы использовать его для моделирования световой стадии фотосинтеза. Как это обычно бывает в физике, экспериментам предшествовали соответствующие оценки. Мы попытались определить величину токов в фотосинтетическом аппарате листа исходя из следующих данных. Суспензия хлоропластов, содержащая 0,1 мг хлорофилла, выделяет за час $\sim 0{,}4$ микромоля кислорода. При разложении же воды в обычном электролизере, где пропускается ток в 1 А в течение часа, выделяется

0,21 л O_2. Воспользововавшись законом электролиза Фарадея, мы нашли, что суммарный ток в хлоропластах, содержащих 0,1 мг хлорофилла, равен $^{-5}$А. Естественно, что в единичном хлоропласте величина тока будет намного меньше.

Уже в начале этих работ был получен ряд интересных результатов. Оказалось, что каротин (фотосинтетический пигмент, который всегда сопутствует хлорофиллу, — об этом свидетельствует, например, оранжевая окраска осенних листьев) также обладает фотовольтаической активностью. В отличие от хлорофилла знак фотопотенциала у каротина отрицательный. Другими словами, появилась возможность создать фотоэлектрохимический элемент, в котором один электрод покрыт слоем хлорофилла, а другой — каротина.

В последующем мы перешли от хлорофилла к его синтетическому аналогу — фталоцианину, так как фотовольтаические свойства этих пигментов довольно близки, но последний обладает рядом преимуществ (большая доступность, относительная легкость получения воспроизводимых параметров пленки и др.). Поскольку величина потенциала, возникающего в единичной ячейке, была недостаточна для электролиза воды (термодинамический потенциал разложения воды равен 1, 23 В), было решено собрать эти ячейки в батарею. Подобный подход уже давно «запатентован» биологическими структурами. Например, электрический скат представляет собой своеобразную электрохимическую батарею, построенную из стопок мембран. На обкладках одной мембраны разность потенциалов невелика ($\sim 0,1$ В). Однако путем их суммирования, что достигается последовательным соединением элементов как в батарейке карманного фонаря, получаем напряжение 600 В!

В 1969 г. в нашей лаборатории была построена первая в мире фотовольтаическая батарея, которая в своем составе содержала 4 пигментированных электрода. Батарея характеризовалась следующими параметрами. Световой потенциал достигал 2,5 В, что вполне достаточно для электролиза воды с выделением молекулярного кислорода. Величина тока достигала $5,9 \cdot 10^5$ А, что позволило экспериментально обнаружить выделение кислорода из воды обычными лабораторными методами. И последнее обстоятельство, которое вызвало, пожалуй, наибольшую критику наших оппонентов. Эффективность работы батареи была весьма низкой.

Эту батарею мы назвали функциональной моделью хлоропласта, поскольку она воспроизводила одну из основных функций фотосинтетического аппарата — разложение воды с выделением молекулярного кислорода под действием света, поглощенного пигментом. Затем аналогичные батареи были построены в других странах (США, Японии и др.).

Дальнейшая разработка методов приготовления пигментированных электродов позволила получить ряд новых результатов. Удалось установить, что структура пигментной пленки может быть классифицирована как минимум на три типа (тонкие непористые пленки, толстые пористые пленки, тонкие пористые пленки). Каждый из этих типов обладает существенно различающимися механизмами генерации тока и широким набором значений потенциалов и удельных токов. Механизм эффекта Беккереля оказался весьма сложным, так как в процессе его возникновения существенную роль играет ряд параметров (граница раздела пигмент — электролит, пигмент — металл, структура пленки, состав электролита и др.). Иными словами, для его выяснения необходимо привлечь различные области современной физики, химии, использовать математическое моделирование. Рассказ об этом — тема отдельной статьи.

В 1978 г. старшим научным сотрудником нашей лаборатории В. А. Илатовским были получены электроды, квантовый выход в которых достигал 15%, что вполне сопоставимо с эффективностью работы зеленого листа. Недавно им же найдены условия, которые позволяют увеличить этот параметр в два с лишним раза.

Возможности батареи в моделировании фотосинтеза, на наш взгляд, еще не исчерпаны. Недавно было установлено, что в фотовольтаической батарее можно осуществить световой синтез универсального биологического носителя энергии аденозинтрифосфата (АТФ) из аденозиндифосфата (АДФ) и неорганического фосфата.

В настоящее время не существует принципиальных ограничений для использования батареи и для моделирования темновой стадии фотосинтеза — стадии образования углеводов. Естественно, что в этом случае необходимо ввести в модель ферменты или их синтетические аналоги. Как мне представляется, в ближайшие 20—30 лет будут созданы относительно простые физико-химические устройства, которые позволят получать (вплоть до технических масштабов)

те продукты, которые синтезируют растения. Подобное высказывание не оригинально. Так, еще в конце прошлого века выдающийся французский химик М. Бертло (*Berthelot*) писал: «Люди часто говорят о будущем человеческого общества, и я тоже хотел предсказать, каким будет общество в 2000 году, конечно, с позиции химика. Тогда не будет ни скотоводов, ни земледельцев, пища будет производиться химическим путем. Поскольку будет вырабатываться дешевая энергия, люди начнут синтезировать пищевые продукты из углерода, полученного из двуокиси углерода, водорода, полученного из воды, азота и водорода, выделенных из атмосферы».

Что же дала нам фотовольтаическая батарея для понимания фотосинтеза? Прежде всего появилась возможность подойти к фотосинтезу (точнее, к его световой стадии), как относительно простому физико-химическому процессу, что, естественно, способствовало появлению новых точек зрения. Проиллюстрируем это на примере функционирования фотосинтетического аппарата зеленого листа — хлоропласта. По *выражению американского ученого* Д. Арнона (*Arnon*), хлоропласты — «автономные цитоплазматические тельца, содержащие все, что необходимо для фотосинтеза». По своей форме хлоропласт — эллипсоид вращения, диаметр которого 5—10 мк. Содержание воды в нем около 75%. В расчете на сухой вес содержание белков составляет 30—45%, липоидов — 20—40, хлорофилла и других пигментов — 5—10%. Кроме того, в его состав входят ферменты, углеводы, минеральные соли. В хлоропластах находится 80% всего железа, содержащегося в тканях листьев, 70% всего цинка, 50% меди. Поэтому, чтобы удовлетворить потребность человека в минеральных элементах, необходимо использовать в пище зеленные части съедобных растений.

Появление электронного микроскопа позволило выявить высокую упорядоченность структуры хлоропласта, обусловленную наличием белково-липоидных мембран (рис. 1). В каждом хлоропласте содержится, как правило, несколько десятков гранул, где локализованы фотосинтетические пигменты.

Обычно структуру и функции хлоропласта обсуждают с традиционных позиций, основу которых составляют взгляды современной биологии. Интересно рассмотреть функционирование фотосинтетического аппарата зеленого листа, используя принципиально новые подходы, базирующиеся на предположении о

последовательном превращении энергии при фотосинтезе ($E_{свет} \longrightarrow E_{элект} \longrightarrow E_{хим}$).
Это дает возможность представить хлоропласт как фотоприемник ($E_{свет}$), фотоэлемент ($E_{элект}$), электролизер ($E_{хим}$). Итак, по порядку.

Хлоропласт как фотоприемник

Американский ученый А. Ходж (*Hodge*), оценивая значение высокоупорядоченной структуры хлоро-



Рис. 1. Структура хлоропласта

пласта, писал: «Соблазнительно было бы предположить, что высокая степень упорядоченности обусловливает более эффективный захват фотонов...» Та же мысль встречается в одной из работ другого американского ученого Дж. Волькена (*Wolken*). Эти высказывания носят характер бездоказательных предположений.

Хлоропласт можно назвать фоторецептором растения, структура которого должна быть приспособлена к эффективному использованию падающего на него света. Однако большое количество поверхностей раздела в нем кажется на первый взгляд противоречащим такому предположению. Действительно, хлоропласт составлен из нескольких десятков белково-липоидных пластинок, разделенных водными прослойками. Из оптики же известно, что на границе раздела двух веществ мощность светового потока заметно уменьшается. Так, в фотографических объективах на каждой границе раздела стекло — воздух и воздух — стекло теряется до 9% мощности светового пучка, а в оптических устройствах, содержащих 4—5 линз, величина потерь может составлять 80%.

Как же избежать этого нежелательного эффекта? Потери на отражение можно значительно уменьшить относительно простым способом. Для этого достаточно покрыть стекла тонкой пленко₇ вещества, показатель преломления которого имеет промежуточное значение между показателями преломления обрамляющих сред. Этот метод (метод просветления оптики) был предложен и разработан в 1934 г. группой сотрудников Государственного оптического института в Ленинграде под руководством И. В. Гребенщикова и А. А. Лебедева. В настоящее время все современные объективы в фотоаппаратах покрыты такими пленками, что легко визуально заметить по голубоватому отливу. Наибольший эффект просветления достигается, когда $n_2^2=n_1n_3$, где n_1n_3 — показатели преломления обрамляющих сред (воздуха и стекла); n_2 — показатель преломления просветляющего слоя.

Применение просветляющих покрытий в приемниках света, используемых в технике (болометрах, фотоэлементах и др.), может обеспечить практически полное поглощение без потери.

Если принять, что просветляющей пленкой в хлоропласте является липидный слой, то условие его просветления запишется в виде: $n_\text{Л}^2=n_\text{В}n_\text{Б}$, где $n_\text{Л}$, $n_\text{В}$, $n_\text{Б}$ — показатели преломления липида, воды и белка. Подставив соответствующие значе-

ния в это выражение, найдем, что оно выполняется довольно точно ($n_{\text{Л}}^2=2,18$; $n_{\text{В}}n_{\text{Б}}=2,13$).

Для того чтобы полностью маскировать наличие границы обрамляющих сред, просветляющая пленка должна удовлетворять не только написанному выше условию, но также иметь толщину, равную четверти длины световой волны в веществе слоя. Последнее условие в хлоропласте не выполняется. Однако не исключено, что набор пластинок хлоропласта можно рассматривать как многослойное просветляющее покрытие. При достаточно большом числе слоев просветляющее покрытие проявляет себя как кристалл, обладающий искусственной анизотропией. Наличие у хлоропласта двойного лучепреломления подтверждает такую возможность.

Таким образом, наблюдаемую на опыте высокую эффективность поглощения света фотосинтетическими пигментами *in vivo* возможно объяснить тем, что в хлоропласте (несмотря на его гетерогенность) потери на отраж»ние на границах раздела ничтожно малы. В результате этого молекулы пигмента, находящиеся как во внутренних, так и в наружных частях хлоропласта, активно участвуют в поглощении света. Дело в том, что один монослой хлорофилла, который в среднем характерен для концентрации пигмента на пластинах, поглощает лишь 6—8% падающего света. Поэтому для полного поглощения света необходимо иметь набор монослоев, что и реализуется в хлоропласте.

Следует отметить, что пластинчатое строение хлоропласта не обязательно для фотосинтеза. Оно лишь увеличивает эффективность использования света пигментами. Такое усовершенствование в строении хлоропласта происходило постепенно. Так, фотосинтетический аппарат бактерий обладает лишь частично пластинчатым строением, в то время как хлоропласты высших растений целиком построены из пластинчатых структур. И еще один пример. В теневыносливых растениях пластинчатая структура плотно заполняет весь хлоропласт. В светолюбивых же растениях пластинчатая структура наблюдается лишь в части хлоропласта.

Естественно, что использование методов тонкослойных покрытий для объяснения оптических свойств хлоропласта требует детального анализа, который, мы надеемся, будет предпринят специалистами по оптике. Развиваемый подход может быть перспективным для объяснения высокой световой чувствительности гла-

за, так как структурная организация палочек и колбочек, где расположены зрительные пигменты, весьма близка к строению хлоропласта. Так, в одной из работ на модели поверхности глаза насекомых, а также расчетным путем удалось показать, что сетка из бугорков, покрывающих роговицу, снижает отражение света и тем самым повышает ее прозрачность. Эта сетка подобна просветляющему покрытию современных оптических устройств.

Итак, квант света, проделав довольно длинный путь внутри листа и преодолев границы раздела внутри хлоропласта, поглощается пигментами. Как влияет состояние пигмента на эффективность поглощения света?

Один из интересных подходов развит физикохимиком С. С. Васильевым в серии работ, опубликованных под общим заголовком «Кинетика возбуждения молекул электромагнитными и механическими волнами». В этих работах было показано, что поглощение света в расчете на единичную молекулу хлорофилла может существенно различаться. По оценкам автора, захват световой энергии хлорофиллом в хлоропласте в десятки раз выше по сравнению с таковым в растворе. Может быть, поэтому в фотосинтетическом аппарате пигмент образует структурированные агрегаты.

Подтверждением выводов этих теоретических работ могут служить экспериментальные исследования, выполненные советскими учеными Л. А. Хановой и М. Р. Тарасевичем. Они обнаружили, что удельное поглощение хлорофилла, адсорбированного на золотом электроде, почти на два порядка больше по сравнению с таковым в растворе.

Из всего сказанного становится понятным, почему Природа в своих структурах не использовала растворы хлорофилла, а предпочла его иметь в конденсированном состоянии.

Хлоропласт как фотоэлемент

Фотоэлемент, как известно, преобразует световую энергию в электрическую. Подобную функцию, вероятно, выполняет и хлоропласт. В 1959 году американские ученые В. Арнольд (*Arnold*) и Е. Маклей (*Maclay*) попытались моделировать фотосинтез, используя барьерный эффект на контакте двух типов полупроводников (электронной и дырочной проводимости). Они исходили из предположения, что для

функционирования фотосинтетических пигментов в хлоропласте существенны их фотополупроводниковые свойства. Ученые приготовили образцы, в которых пленки хлорофилла контактировали с пленками каротина. При освещении между пластинками удалось зарегистрировать разность потенциалов (измерения тока не проводились). Воспроизводимость результатов была низкой. Однако в единичных случаях удалось зарегистрировать разность потенциалов 0,6 и даже 1,3 В.

Эта чрезвычайно интересная, с моей точки зрения, работа подверглась критике и, к сожалению, не получила дальнейшего развития. На автора же настоящей статьи работа В. Арнольда и Е. Маклея оказала сильное влияние и во многом определила направление дальнейших исследований. Однако наш подход к механизму функционирования пигментов в хлоропласте существенно отличался. Мы считаем, что генерация носителей заряда осуществляется на контакте пигмента с электролитом. Для простоты можно сказать, что американские ученые использовали «сухую» модель (пигменты находились в вакууме либо в атмосфере инертного газа), мы же предложили «водный» вариант, где они контактируют с электролитом. Последний, на наш взгляд, более отвечает условиям нахождения пигментов в зеленом листе.

Переход к таким системам позволил получить более высокие параметры модели. Как показали эксперименты, выполненные в 1968 г. в нашей лаборатории Ю. С. Шумовым, величина тока в «сухих» и «водных» пленках, например, для каротина различается в 10^3—10^4 раз, значения фотоэдс — в 100 раз и более.

При генерации тока в пленке полупроводника возникают значительные потери, обусловленные сопротивлением. Его можно значительно уменьшить введением так называемых легирующих добавок, которые вносятся в относительно небольших количествах. Не может ли этот эффект проявляться и в случае хлоропласта?

В фотосинтетическом аппарате хлорофиллу всегда сопутствует каротин, который может выполнять роль своеобразной легирующей добавки. Для подтверждения такого предположения была выполнена серия опытов, где в пленку хлорофилла, нанесенную на электрод, вводили каротин в увеличивающихся концентрациях. Оказалось, что при этом величина фотопотенциала возрастает в 5—9 раз и при дальнейшем увеличении добавки фотопотенциал начинает падать. Уди-

вительно, что максимальное значение фотопотенциала наблюдалось при тех же соотношениях хлорофилл/каротин, какие характерны для хлоропласта.

Выявленная параллель далеко не единична. Так, зависимость квантового выхода фототока от толщины пленки пигмента на электроде имеет максимум, соответствующий одному-двум монослоям. В хлоропласте усредненная толщина слоя хлорофилла также равна 1—2 монослоям.

И еще одно обстоятельство. Природа металла, на который нанесен слой пигмента, существенно влияет на величину токов, снимаемых с этих электродов. При этом наблюдается четкая корреляция — чем больше энергия, необходимая для отрыва электрона из металла, тем выше ток. Другими словами, подбором соответствующего носителя можно управлять фотоэлектрической активностью пигмента. Видимо, природа учла и это обстоятельство, так как в качестве носителя хлорофилла в хлоропласте выбрала белок, работа выхода электрона из которого очень высока (около 10 эВ).

Управлять фотоэлектрическими параметрами пленки пигмента можно, не только варьируя ее состав, толщину, а также меняя природу токосъемного электрода и электролита. Хорошо известно, что тяжелая вода (D_2O) снижает интенсивность фотосинтеза растений. Аналогичные закономерности наблюдаются и в случае замены в фотоэлектрохимической ячейке обычной воды на D_2O.

Естественно, что приведенные выше примеры лишь иллюстрируют некоторые довольно любопытные совпадения, которые прослеживаются между модельными и природными фотосистемами. В качестве последних, пожалуй, не стоит ограничиваться только фотосинтетическим аппаратом зеленого листа. В будущем, по-видимому, аналогичные подходы целесообразно распространить и на фотоприемники глаза (палочки и колбочки), которые превращают световую энергию в электрическую (нервный импульс).

Хлоропласт как электролизер

Выше отмечалось, что эффективность работы промышленных электролизеров, используемых для получения из воды кислорода и водорода, приближается к 100%. Так, в зависимости от конструкции и других условий кпд работы электролизера колеб-

лется в пределах 95—98%. Такая эффективность устроила бы любое растение. Однако в листе, очевидно, «используются» электролизеры особого типа, которые можно назвать, пожалуй, молекулярными электролизерами. Существенная их особенность, на наш взгляд, — это совмещение анодных и катодных процессов на одной поверхности. Поясним это на схеме (рис. 2). Пусть имеется шахматная доска, на которой равномерно распределены черные и белые шашки. Черные шашки занимают все черные поля, а белые — белые. Теперь представим, что черные шашки — это ионы водорода (H^+), а белые — ионы гидроксила (OH^-). Эти ионы образовались за счет диссоциации воды ($H_2O \longrightarrow H^+ + OH^-$). Хлорофилл в хлоропласте образует так называемую фотосинтетическую единицу, насчитывающую несколько сотен молекул пигмента. Таким образом, шахматная доска представляет собой фотосинтетическую единицу.

Под действием света в фотосинтетической единице генерируются электронейтральные образования — экситоны. Они распадаются на границе раздела пигмент — электролит, давая пару носителей заряда: электрон (*e*) и дырку (*p*). Электрон взаимодействует с ионом водорода $H^+_{адс} + e \longrightarrow H_{адс}$, а дырка — с ионом гидроксила: $OH^-_{адс} + P \longrightarrow OH_{адс}$ (индекс «адс» означает, что частица адсорбирована, то есть связана с пигментом).

Не утомляя читателя деталями, отметим, что затем водород фиксирует углекислоту (для этого нужны соответствующие ферменты), а гидроксильный радикал рекомбинирует с H_2O_2 себе подобным (на соседнем белом поле шахматной доски), образуя перекись водорода. ($H_2O_{2адс}$). Как сказал Леонардо да Винчи, «природа всегда и во всем одинакова». Вряд ли она сделала исключение для фотосинтеза. Поэтому мы построили последовательность образования кислорода в хлоропласте на основе данных таких процессов, в которых кислород образуется из воды (электролиз, радиолиз и фотолиз). Получилась последовательность $H_2O(OH^-) \longrightarrow H_2O_2 \longrightarrow HO_2 \longrightarrow O_2$, то есть вода поэтапно разлагается, причем энергия 4-х квантов света не накапливается в одном реакционном центре, а запасается в промежуточных продуктах разложения воды. Удивительным для меня оказалось следующее обстоятельство. Как известно, фотосинтез и дыхание представляют одну и ту же реакцию, протекающую либо слева направо (фотосинтез), либо справа налево (дыхание):

$$H_2O+CO_2 \xrightleftharpoons[\text{дыхание (выделение энергии)}]{\text{фотосинтез (запасание энергии)}} CH_2O+O_2.$$

Если же мы обратимся к предложениой последовательиости выделения кислорода при фотосиитезе и сравиим ее с процессом образования воды в акте дыхаиия, то увидим, что обе эти реакции проходят через те же промежуточные стадии, ио только в обратиых иаправлениях:

$$H_2O \xrightleftharpoons[\text{дыхание}]{\text{фотосиитез}} H_2O_2 \rightleftharpoons HO_2 \rightleftharpoons O_2.$$

Предложеииая выше схема имеет иемало общих черт со взглядами, высказаиными в работах ряда предшествующих исследователей (Е. Баур, *Baur* — Германия; В. И. Веселовский, А. Н. Терении, А. А. Красиовский и др.).

Оиа объясияет хорошо известиый факт, обиаружеиный и изучеииый П. Жолио (*Joliot*). Если в течеиие иескольких минут хлоропласты выдержать в темиоте, а затем осветить их короткими ($\sim 10^{-5}$ с)

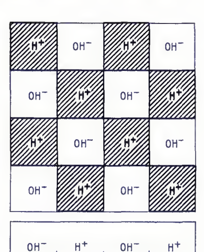


Рис. 2. Структурная схема адсорбционного слоя на поверхности фотосинтетической единицы (вид сверху и сбоку)

интенсивными вспышками света, то наблюдается такая закономерность. Первая вспышка не вызывает выделение кислорода (либо его концентрация незначительна). Последующие вспышки увеличивают концентрацию регистрируемого кислорода, и максимальный эффект приходится на 3—4-ю вспышку. Это находится в согласии с предложенной выше схемой (на каждую вспышку осуществляется лишь один переход) $OH^- \leftarrow H_2O_2$, либо $H_2O_2 \leftarrow HO_2$ и т. д.).

К этому вопросу можно подойти и с другой стороны. Вернемся к записи превращения энергии при фотосинтезе: $E_{свет} \leftarrow E_{элект} \leftarrow E_{хим}$. Если подаются импульсы света, то, следовательно, генерация $E_{элект}$ также будет происходить в импульсном режиме. А как протекает электролиз воды при импульсной подаче тока? Какие закономерности наблюдаются при этом в физико-химической системе из двух металлических электродов, опущенных в воду? Ответ был получен нами совместно с Г. Ренгером (*Renger*) в Институте физической химии Западного Берлина. Оказалось, что и в этом случае закономерность выделения кислорода была такой же, как и в хлоропласте (максимальное количество кислорода наблюдалось на 3-й, 4-й импульс тока). Однако скажем и об отличиях. При выделении кислорода хлоропластами после достижения максимального значения наблюдаются колебания его концентрации, которые затихают после 20-й вспышки. В электролизере же таких эффектов не наблюдается. После 3-го, 4-го импульса тока было зарегистрировано стационарное выделение кислорода. Здесь можно предложить ряд объяснений, одно из которых связано с тем, что в хлоропласте, как мы предполагаем, анод и катод находятся на одной поверхности; в электролизере же катодные и анодные области пространственно разделены. В будущем целесообразно провести импульсный электролиз на одном электроде, микроскопическая структура которого будет напоминать шахматную доску. Кроме того, совмещение двух процессов (выделения кислорода и фиксация углекислоты), несомненно, выявит новые закономерности электролиза.

Предложенная последовательность формирования молекулярного кислорода при фотосинтезе натолкнула нас на такую мысль. В ходе образования промежуточных частиц есть «места», где для последующего перехода достаточно энергии не только видимого света, но и менее «энергичных» квантов. В предварительных опытах с хлоропластами, освещаемыми импульсами белого света на фоне непрерывной ИК-подсветки,

было найдено, что максимум выделения кислорода смещается на один импульс влево. Другими словами, хлоропласт «чувствует» влияние инфракрасного света, что открывает новые возможности как в изучении фотосинтеза, так и в управлении его активностью.

Хлоропласт как термоэлемент

До сих пор мы говорили о трех видах энергии: световой, электрической (энергия разделенных зарядов), химической. Однако необходимо остановиться еще на одном виде — тепловой энергии. Если у вас есть возможность, отложите на время эту статью и загляните в любой учебник по биологии, где упоминается фотосинтез. Там вы сможете прочитать, что на прямом солнечном свету лишь 5% его энергии используется на фотосинтез, а остальные 95% превращаются в тепло. Более того, в ряде обзоров и учебников употребляется более резкое выражение: «энергия света деградирует в тепло». По современным представлениям, превращение энергии света в тепло — бесполезный процесс, в результате которого снижается эффективность фотосинтеза. Это мнение представляется, на мой взгляд, весьма спорным, так как вряд ли фотосинтезирующие организмы в течение миллионов лет не приспособились к оптимальному использованию света. Может быть, мы просто не знаем, как листья используют тепловую энергию? Этот вопрос впервые заинтересовал меня в 1960 г., когда я, будучи студентом МГУ, готовился к экзамену по «Биофизике фотосинтеза». Ответ на него пришел при написании докторской диссертации (1972 г.).

Тогда мною были проведены оценки температуры тех участков хлоропласта, где происходит рекомбинация электрона и дырки с выделением тепла ($e + p \rightarrow$ тепло). Они показали, что локальная температура хлоропласта достигает 70—80° С. Предвижу возражение: «при таких температурах белок денатурируется». Думаю, что не успеет, так как локальный разогрев существует очень недолго и за время порядка $\sim 10^{-5}$с. Температура участка резко снижается. Другими словами, при интенсивно протекающем фотосинтезе 95% световой энергии уходит на локальный разогрев хлоропласта. К чему это приводит?

Прежде всего увеличивается концентрация ионов водорода и гидроксила, которые служат исходными частицами в фотосинтезе. Процесс диссоциации H_2O——$H^+ + OH^-$ идет со значительным поглощением

тепла (13,7 ккал). В результате повышения температуры в области, где формируется молекулярный кислород, более чем на порядок увеличивается концентрация гидроксильных ионов (и одновременно ионов водорода). Кроме того, повышение температуры положительно сказывается и на ряде процессов диссоциации промежуточных продуктов разложения воды и др.

Повышение температуры как внутри хлоропласта, так и на границе его раздела с цитоплазмой ускоряет диффузию исходных веществ и конечных продуктов реакции (кислорода, углеводов). Это обстоятельство представляется весьма важным, поскольку, как известно из электрохимии, на границе твердого тела с жидкостью образуется неперемешиваемый слой. Другими словами, локальное повышение температуры будет способствовать скорейшей подготовке данного участка поверхности к реакции.

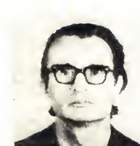
Таким образом, превращение световой энергии в тепловую при интенсивно идущем фотосинтезе вряд ли можно считать бесполезным, скорее, наоборот, поскольку повышение температуры положительно сказывается на ряде процессов (диссоциация, диффузия и др.). Существенно отметить, что повышение температуры носит локальный характер. После того как на поверхности фотосинтетической единицы завершилось разложение молекулы воды, данный участок поверхности должен быть освобожден от продуктов реакции (десорбция), чтобы затем его могли занять исходные вещества и цикл повторился бы снова. Пока протекает этот процесс, фотогенерированные электроны и дырки не могут взаимодействовать с реагирующим веществом, что вызывает их рекомбинацию с выделением тепла.

В рамках изложенных представлений хлоропласт выступает в роли теплообменника — устройства для передачи тепла от среды с более высокой температурой к среде с более низкой температурой (цитоплазма клетки). Пластинчатое строение фотосинтетического аппарата обеспечивает эффективность этого процесса.

* * *

Безусловно, что в последующем строение и функционирование хлоропласта будет рассмотрено с новых позиций. Однако уже сейчас можно отметить, что свойства этой субклеточной частицы чрезвычайно разнообразны. Каково же должно быть разнообразие функций и свойств целого растения?

Некомпетентное решение хозяйственной проблемы, затем столь же некомпетентная его критика, а в итоге некомпетентное решение правительства. Редкий, но не уникальный для нашей практики случай. Отталкиваясь от него, автор выстраивает увлекательную конструктивную программу развития биотехнологии на ближайшие десятилетия



Борис Михайлович Медников —
доктор биологических наук, главный научный сотрудник межфакультетской лаборатории молекулярной биологии и биоорганической химии имени А. Н. Белозерского (МГУ)

Чем будут питаться наши потомки?

Недавно мне попалась в руки книга Э. Йоксена (*Yoxen*) «Генный бизнес», ставшая в англоязычном мире бестселлером. Причины ее популярности не только в толковом и общедоступном изложении основ и перспектив биотехнологии в широком смысле (генная инженерия, микробиологическая промышленность, первые успешные попытки направленно изменять наследственность растений и животных). Подобных книг в последнее время появилось немало, в том числе и у нас. Но эта адресована не только любознательному читателю, интересующемуся последними достижениями практической биологии, а в первую очередь деловым людям — менеджерам, начинающим предпринимателям, причем настолько, что язык ее порой был труден для меня, привыкшего к ставшему почти международным «молекулярно-биологическому» жаргону.

Достоинство книги, на мой взгляд, — то, что в ней подчеркивается основное свойство биотехнологии наших дней — неразрывная связь с генной инженерией, направленным изменением наследственности био-

продуцентов — будь то высшие организмы или их клетки, или микроорганизмы — низшие грибы, одноклеточные и бактерии. Продуценты сейчас не берутся из природы, как во времена Л. Пастера, а, если угодно, конструируются для выполнения специальной задачи.

В книге ясно прослеживается складывающееся с первых лет существования новой биотехнологии разделение ее на две отрасли — мелкотоннажную и крупнотоннажную. В первой объем получаемого продукта порой измеряется немногими граммами, которые стоят во много раз дороже золота (гормоны, моноклональные антитела, ферменты и т. д.). Во второй продукция измеряется многими тоннами. Это кормовой и пищевой белок, углеводы, органические вещества для легкой промышленности, а также жидкое горючее, биогаз и в будущем, возможно, электроэнергия. Разработаны бактериальные культуры, сжигающие технические углеводы в углекислый газ и воду с выделением электрического тока с 40—50% КПД: электроавтомобиль с такой батареей, израсходовав 50 л сиропа, проедет свыше 1000 км без токсичных выхлопов и нефтяного загрязнения, причем единственным отходом будет пригодная для удобрений бактериальная масса.

После того как я прочел эту книгу, вполне естественно было задуматься: каковы перспективы этого многообещающего направления в нашей стране? Какие виды биотехнологии нам целесообразнее развивать в ближайшем будущем и далее с учетом запросов третьего тысячелетия? Плод этих раздумий — статья, предлагаемая читателям.

Вряд ли кто-нибудь будет оспаривать необходимость создания у нас мелкотоннажной биотехнологии для промышленного синтеза генно-инженерных интерферонов, гормонов, моноклональных антител, ферментов и иных биологически активных веществ. Споры идут вокруг развития биотехнологии крупнотоннажной, которая в настоящее время у нас практически сводится к получению кормовых белковых препаратов, гидролизного спирта, уксусной кислоты и ряда других простейших органических соединений. Основной продуцент в данном случае — дрожжевые грибки, а субстрат для их выращивания — отходы сельского хозяйства и промышленности (древесина, целлюлозосодержащие отходы, меласса и т. д.), а также жидкие парафины, получаемые из нефти. Вот о последнем случае и пойдет у нас речь в начале статьи.

Еще недавно в наших газетах гордо писали, что Со-

ветский Союз первым (и, похоже, последним) в мире освоил крупнотоннажное производство кормовых белков из жидких парафинов. Их называли по-разному — белково-витаминные концентраты (БВК), паприн, кормовые дрожжи и т. д.

После того как заводы для производства паприна были построены и премии получены, послышались скептические голоса. Сейчас утверждают, что эти заводы загрязняют окружающую среду, вызывают поголовную аллергию у населения, а сам паприн, поскольку его получают из нефти, для животных токсичен, к тому же не усваивается да и вообще не нужен, если есть белки рапса, кукурузы и прочих кормовых растений. Хорошая подборка высказываний сторонников этой концепции, за которыми уже закрепился термин «неолуддиты», равно как и робких возражений сторонников паприна, имеется в № 4 журнала «Наука и жизнь» за 1989 г. Далее я часто буду на нее ссылаться.

Массированная атака противников микробиологического кормового белка в конце концов увенчалась победой — производство этого продукта в 1989 г. решено было свернуть. На взгляд автора данной статьи мы имеем здесь относительно редкий, но не уникальный для нашей практики случай, когда некомпетентная, непрофессиональная критика столь же некомпетентного решения хозяйственной проблемы привела к сугубо некомпетентному решению правительства.

Постараюсь обосновать это утверждение. Прежде всего нужен ли нам микробиологический кормовой белок вообще?

Для начала сформулируем основные положения. Нас в Союзе $280 \cdot 10^6$, на всей планете приблизительно $5 \cdot 10^9$ жителей. Считается, что уже сейчас 2 млрд. недоедают. К 2100 году ожидается 10^{10} людей на Земле — прокормит ли нас родная планета? Ведь уже сегодня ежегодный дефицит белка, по данным ФАО, свыше 15 млн. т, а в 2100 году его потребуется свыше 130 млн. т (из расчета 100 г полноценного, уравновешенного по незаменимым аминокислотам белка на человека в сутки).

Далее, становой хребет сельского хозяйства сейчас — выращивание однолетних злаков, отчасти бобовых и разведение растительноядных животных. Основы этой системы сложились в эпоху неолита, примерно 11—12 тысяч лет назад.

Все началось с удобренных золой малых полосок по окраинам лесов и в поймах рек, в предгорьях и на увлажненных равнинах. Народу на Земле тогда было

меньше 10^7, т. е. примерно столько, сколько проживает в Москве и Московской области сейчас. И после этой неолитической революции технология производства пищи принципиально не изменялась, происходила только ее интенсификация. Копалку-мотыгу и соху сменил тракторный плуг, золу и навоз — минеральные удобрения. Но принцип оставался прежним.

Есть непреложное правило: никакую технологию, оставаясь в ее рамках, невозможно развивать беспредельно. Более того, в предельном развитии она оборачивается в свою противоположность. Мы ежегодно, каждую весну, скальпируем планету тракторами, травим ее химикатами — все это ценой невосполнимых затрат нефти, руды и угля. Каждый год все больше — как наркоман, человечество вынуждено увеличивать дозы. У нас в Союзе положение хуже, чем в среднем на планете: рукотворными «морями» мы затопили самые продуктивные участки — речные долины с заливными лугами, кормившими чуть ли не весь наш домашний скот. По принципу Тришкиного кафтана пришлось производить силос, комбикорма, и вот теперь — белок микроорганизмов.

Думаю, с этими положениями должны согласиться как противники, так и союзники паприна. Прокормит ли наша планета десять миллиардов?

Может быть, ла, но это будет безрадостное существование — без лесов и лужаек, целинных степей, парков, просто пустырей. Каждый клочок земли будет занят пшеницей и кукурузой, соей и рапсом. Есть ли другой выход и можно ли считать таковым микробный (в широком смысле, включая дрожжевой) белок? И почему микробный? Ответ прост. Бык массой 500 кг за сутки синтезирует 500 г белка; равное по весу количество дрожжей синтезирует 50 т белка. Микроорганизмы в миллион раз продуктивнее привычных сельскохозяйственных животных. И расти они могут на отходах лесной и бумажной промышленности, которые сейчас пропадают бесполезно, отравляя землю и воду. Усваивают они и углеводороды, например парафины. Однако в отличие от опилок, щепок и коры парафины — ресурс невозобновляемый.

Скажу более: в ближайшем будущем придется подумать о микробиологическом производстве не кормовых, а пищевых белков. Ведь запускать столь быстро растущий белок в неспешную пищевую цепь животноводства нонсенс — все равно что прилететь в Москву из Новосибирска на сверхзвуковом самолете, а потом от Домодедова идти пешком.

Но пригоден ли для кормления животных и питания людей белок микроорганизмов? Вернемся к подборке из четвертого номера «Науки и жизни». Противники паприна выражаются по этому поводу предельно резко. По Н. Ф. Реймерсу, использование этого белка — деяние, идущее вразрез с законами природы. Академик АМН СССР Г. Сидоренко вторит ему: все микробные белки токсичны, особенно паприн, потому что его делают на парафинах нефти. Такие возражения более эмоциональны, чем убедительны.

Ведь «нормальное» сельское хозяйство тоже идет (почти 12 тысяч лет) вразрез с законами природы. Каждый год создаются и разрушаются предельно обедненные биоценозы (моноценозы) культурных угодий. Потеря гумуса, эрозия, осолонение и заболачивание, отравление нитратами и пестицидами — это не вразрез?

Микробное происхождение белка не свидетельствует о его фатальной вредности — даже если он взращен на парафине. Углеводороды и воск синтезируются многими растениями и усваиваются многими грибами и бактериями. Только в бескислородных условиях они оказываются микроорганизмам «не по зубам». Это и обеспечивает накопление залежей нефти.

Пожалуй, не открою секрета, если сообщу, что коровы и овцы, вообще все жвачные животные с незапамятных времен кормятся в основном микробным белком. Ведь в их сложно устроенных желудках содержится от 10^9 до 10^{10} бактерий на миллилитр. Это бактерии расщепляют целлюлозу травы, сена и силоса и нарабатывают большое количество белка. Из рациона коров белок можно исключать вообще. Жвачным паприн не нужен (было бы сено), он дает эффект лишь при кормлении им свиней и домашней птицы. Коровам иногда добавляют в корм мочевину (карбамид) как источник азота для тех же бактерий. Но жвачные эффективно используют и свою собственную мочевину — она из печени поступает через кровь в слюну и стенки первого отдела желудка — рубца. Успех жвачных животных в борьбе за существование был обеспечен именно удачным симбиозом с бактериями, позволившим утилизировать неисчерпаемые запасы целлюлозы — полимера, прежде для млекопитающих недоступного.

Второй пункт, по которому обвиняется микробный белок, — его аллергенность. Н. Реймерс обосновывает его неким законом В. В. Вернадского: «Живое

вещество Земли физико-химически едино». Но это не закон, а натурфилософская сентенция, допускающая двоякое толкование — ведь если оно едино, то и вреда ие может принести. На самом деле аллергеном может быть любое вещество — у автора этой заметки аллергия на тополиный пух, у других — на землянику или пыльцу растений. Описан случай, когда у одного жителя Швеции возникла аллергия на собствеииую жеиу, в результате чего им пришлось жить на разных квартирах.

Значит ли это, что сторонники микробных белков во всем правы и их противников можно обвинить в ретроградстве? Увы, дело обстоит гораздо сложнее.

Прежде всего следует решить вопрос: как усваивается домашними животными белок дрожжевых грибков рода Кандида? Ссылки на патогенность этого продуцента спорны. Род у низших грибов по рангу соответствует отряду высших организмов, и говорить об опасности продуцента паприна по аналогии с другими представителями этого рода — все равно, как если бы мы требовали повсеместиого истребления домашних кошек, на том основании, что опасны их близкие родственники — львы и тигры.

Кормовая ценность той валовой смеси дрожжевых грибков, которую назвали паприном, достоверно неизвестна. В прииципе белки микроорганизмов можно неограииченно улучшать, изменять их антигенные и питательиые свойства, иепосредственно вставлять в геномы грибков и бактерий гены таких белков, как, например, миозин — основной белок мяса или же белки пшеницы. Это вполне под силу генной инженерии, особенно теперь, когда получены так иазываемые челночиые векторы. Так называются векторы, построенные на основе дрожжевой плазмиды в 6300 нуклеотидных пар (2 мкм), способные вместе со встроенными в них генами размножаться и в дрожжевых клетках, и в кишечной палочке — стандартиом объекте генных иижеиеров. Но ничего подобиого пока не сделано; была лишь проведена селекция на максимальный выход биомассы на таком-то сырье. Короче — типичный вал с забвением качества.

Далее, усвояемость грибных белков высока лишь в том случае, если они потребляются в чистом виде, или же в составе разрушениых клеток. Не следует забывать о том, что интактные клетки грибов покрыты прочной, содержащей хитин оболочкой и через кишечники млекопитающих проходят транзитом. Только животные, специализировавшиеся иа питании гриба-

ми, имеют пищеварительные ферменты для разрушения этих оболочек. Не этим ли объясняются различия в контрольных опытах, поставленных сторонниками и противниками паприна?

Разработаны методы разрушения клеточных стенок дрожжей, однако все они в конечном счете повышают стоимость продукта. Быть может, наиболее перспективен метод, пока еще у нас неприменяемый — биотехнологический. У животных, в норме питающихся грибными клетками (например, виноградной улитки), в пищеварительном соке содержатся ферменты ß-глюконазы, разрушающие пропитанную хитином клеточную стенку. Инкубируя дрожжевые клетки с полученными генноинженерными способами ß-глюконазами, можно получить легко лизирующиеся протопласты (аналог этой процедуре — ферментные добавки к стиральным порошкам, расщепляющие липидные и белковые токсические продукты).

П. Филиппов, спецкор «Эко», указывает, что у свиней, выкармливаемых на паприне, в сале обнаружены парафиновые углеводороды. Значит, паприн вреден. На мой взгляд это означает лишь то, что вместо кормового белка злополучным свиньям поднесли дрожжевую биомассу, неотмытую от питательной среды (вероятно, во имя перевыполнения плана). Тот же автор пишет, что в Родинском зверосовхозе от БВК начался падеж зверей и в корме обнаружены мертвые патогенные организмы и термоустойчивые яды.

Но я напомню недавний скандальный, обошедший газеты случай массового заболевания сальмонеллезом из-за потребления тортов «Птичье молоко». Что же делать — запретить «Птичье молоко» или же все-таки соблюдать технологию?

Резюмирую: не микробные белки виноваты, а наш, ставший притчей во языцех, непрофессионализм — в проектировании, строительстве и эксплуатации заводов, на которых эти белки производятся.

Заведующие лабораториями ВНИИсинтезбелок А. Луканин и М. Миркин в том же номере «Науки и жизни» сообщают о создании на Киришском заводе экологически чистого производства кормового белка с полностью замкнутым циклом и биологической очисткой сточных вод. В результате содержание белковой пыли в атмосфере в рабочей и селитебной (словото какое!) зонах снизилось от 0,8—1,5 мг/м^3 почти до нуля. То есть сделали то, что нужно было сделать с самого начала. Неужели не было известно, что любая белковая пыль может оказаться аллергеном

и что микробиологические процессы в открытых, незамкнутых емкостях абсурд? Полная герметизация абсолютно обязательна, ибо нет никакой гарантии, что в сырой белковой массе не заведется нежелательная микрофлора. Не совсем ясно также, как путем биологической очистки можно освободиться от хлоридов и сульфатов. Есть, конечно, микроорганизмы, которые трансформируют сульфаты последовательно в сульфиты, серу и сероводород, но такие «продукты очистки» далеко не подарок даже за пределами «селитебной» зоны. Без ионообменных колонок здесь вряд ли можно обойтись, а они на схеме, приводимой авторами, не показаны.

Вообще проблема очистки как конечных продуктов, так и отходов любого производства, не только микробного белка — больной вопрос. При самом грубом расчете повышение степени очистки на порядок (скажем, 99,9% вместо 99%) увеличивает на порядок, а то и более стоимость конечного продукта. С какой-то степени чистоты производство становится нерентабельным. Для очистки продукта от парафинов это очень важная проблема. Парафины неполярны и потому в силу физико-химического сродства легко встраиваются в липидные слои клеточных мембран. Не исключена возможность, что стоимость очищенного продукта, дающего полную гарантию безвредности, будет настолько высока, что парафины как источник сырья придется отставить.

Кроме парафинов нефти, второе главное сырье для нашей микробиологической промышленности — целлюлозосодержащие отходы. Однако и здесь мы находимся еще на уровне XIX века. Малоценная древесина, порубочные остатки и т. д. предварительно гидролизуются серной кислотой, и на этом гидролизате выращиваются дрожжи. К сожалению, кислотный гидролиз карамелизует часть образующегося мономера — глюкозу, возникает также фурфурол и остается неиспользованным лигнин (до 35% по весу). Новейшие достижения биотехнологии не используются нашей микробиологической промышленностью. Ведь известны штаммы грибков, усваивающих лигнин в качестве источника углерода и энергии. Предварительная обработка ими бумажной массы позволяет получить «вечную» бумагу (древесинная бумага желтеет на свету и становится ломкой из-за примеси лигнина), а точнее — абсолютно чистую целлюлозу. Используй мы этот метод, не потребовалось бы губить Байкал. Разработаны также методы расщепления целлюлозы

до глюкозы с помощью микроскопических грибков. По-видимому, это оптимальный и к тому же экологически чистый способ утилизации отходов лесной промышленности, превращения их в пищевой углевод-глюкозу, этиловый спирт и белок. Древесная масса в отличие от парафинов не содержит канцерогенных углеводородов, и очистка конечного продукта не столь затруднительна. Кроме того, в отличие от нефти это возобновляющийся ресурс.

Неутилизируемые отходы лесной промышленности в настоящее время гниют на лесосеках, заражая лес вредителями. Если бы мы использовали их с привлечением всей мощи современной биотехнологии, страна была бы полностью обеспечена пищевыми углеводами (глюкозой и фруктозой, так как разработаны методы ферментативной инверсии первого углевода во второй) плюс этиловым спиртом и дрожжевым белком. К тому же отпала бы нужда в разведении трудоемкой культуры — сахарной свеклы и ввозе тростникового сахара. Уже высвобождение из-под свеклы огромных посевных площадей в наиболее продуктивной для полеводства зоне настолько заманчивая цель, что ради нее стоило бы создавать микробиологические заводы. Осмелюсь утверждать, что биотехнологическая промышленность (при умелой организации) не враг, а лучший друг окружающей среды, и развитие ее должен приветствовать каждый эколог.

За рубежом в отличие от нас ставку делают не на парафины, а на метан (основная составляющая часть природного газа и биогаза), метанол и этанол (этиловый спирт). Метаноловый белок вполне конкурентоспособен, поэтому строительство таких заводов ведется в ФРГ, Японии и Великобритании. Но по-видимому, самый перспективный источник белка — водородокисляющие бактерии, способные расти на смеси углекислого газа, азота, кислорода и водорода. Так что водород — не только экологически чистое топливо, но и экологически чистый источник белковой пищи для Земли в третьем тысячелетии. У него лишь один недостаток: ферментер для роста бактерий приходится продувать смесью водорода, а это, как известно, гремучий газ. Однако это чисто техническая трудность успешно преодолевается, в частности, в ФРГ. Решение ее напрашивается само: это старая идея Гемфри Дэви о безопасной рудничной лампе, на основе которой за рубежом делают безопасные бензобаки.

Означает ли это, что углеводороды нефти как сырье для микробиологической промышленности бу-

дут отставлены? Полагаю, что нет: нужда в микроорганизмах, утилизирующих нефть, в ближайшем будущем многократно возрастает, но с иной целью.

В последние годы становится ясным, что для гибели человечества, как и подавляющего большинства всех живых организмов на Земле, совершенно необязательна термоядерная война. Вполне достаточно дальнейшего развития нашей технократической цивилизации, успешно разрушающей окружающую нас среду. Называются различные причины нашей будущей гибели: «озоновая дыра», «парниковый эффект», истощение ресурсов, но главная из них — загрязнение отходами производства, и среди них нефтяное загрязнение одно из основных. Борьбе с ним во всем мире уделяется много сил и средств, причем наиболее перспективными считаются биотехнологические методы.

«В Швейцарии решено ввести в почву специальные микробы для очистки ее от нефтепродуктов. Эта операция будет осуществлена на угодьях общей площадью 5 тысяч квадратных метров. Полагают, что микробы очистят почву к лету 1990 г.» (Правда. — 1989. — 8 декабря).

Для борьбы с нефтяным загрязнением почвы, воды и грунта водоемов можно использовать многие микроорганизмы. Генноинженерными методами уже созданы штаммы *Pseudomonas*, способные усваивать все основные компоненты нефтяного загрязнения, а также ДДТ, диоксин, полихлорированные бифенолы и другие опаснейшие пестициды и дефолианты. Перспективны также коринебактерии и штаммы грибков — бывших продуцентов паприна и ряда других, например из обширного рода *Cladosporium* (этот гриб хорошо растет на керосине и креозоте, остатках дизельных топлив и всевозможных смазках). Микробиологам и микологам в данном случае открывается обширнейшее поле деятельности.

Рекультивация загрязненных угодий потребует огромного количества «посевного материала». Ясно, что соответствующие заводы будут ориентированы уже на выпуск не белка, а жизнеспособной микробной или грибковой биомассы, пригодной для внесения в почву. Нужда в ней при разумном ведении хозяйства (а альтернативы у нас, похоже, нет) будет очень велика — ведь у нас пораженные угодья исчисляются не тысячами квадратных метров, как в Швейцарии, а тысячами километров. Остановлюсь на немногих примерах.

Гибель танкера «Торри Кэньон», когда в Ламанш вылилось всего 30 тысяч тонн нефти, называли «ката-

строфой века». У нас в Каспий попадает в результате «нормальной» деятельности нефтедобывающих и перерабатывающих предприятий в 2—3 раза больше каждый год (особенно опасны морские промысла). Только в Бакинской бухте ил на глубину свыше метра на четверть состоит из мазута! Это уже рукотворное месторождение гудрона. Еще хуже положение в новых нефтедобывающих районах Западной Сибири — там к тому же низкие температуры в почве тормозят жизнедеятельность микроорганизмов, и рекультивация там, где она вообще возможна, затянется на десятки лет.

Есть, однако, еще более важный для нас район, где проблема очистки встанет во весь рост в ближайшем будущем, — это бассейн Волги с притоками. Зарегулирование стока Волги превратило ее в цепь озер с плохой, зацветающей водой, практически уничтожило рыбные запасы и лишило нас наиболее продуктивных для животноводства поемных лугов. Потери эти отнюдь не компенсируются выработкой электроэнергии. Однако самые существенные неприятности нас ожидают впереди. Сторонники развития гидроэнергетики не желают замечать того, что значительная часть территории РСФСР сильно подтоплена. Особенно это сказывается в зоне средней Волги (Саратовская, Пензенская, Куйбышевская, Ульяновская области, Татарская АССР), в таких городах, как Казань и Энгельс, Волгоград и Астрахань. Только Куйбышевское, Саратовское и Волгоградское водохранилища вызывают подъем грунтовых вод на площади 125 тыс. га (а всего в РСФСР подтоплено уже 3,6 млн. га, к 2005 году ожидается еще 2,5 млн га). Такой подъем до метровой глубины приводит к разрушению фундаментов. Недалеко время, когда по всему течению Волги начнут рушиться дома; погибнет жилой фонд и производственные и общественные постройки, создававшиеся десятилетиями, а то и столетиями. Выходом может быть создание обширных дренажных систем и откачка грунтовых вод. Но это затраты в сотни миллиардов рублей. К тому же грунтовые поверхностные воды загрязнены сульфатами, нитратами и солями тяжелых металлов. Нетрудно сообразить, к чему приведет их откачка и спуск в ту же многострадальную Волгу.

Самым простым и экономически доступным выходом был бы решительный спуск всех волжских водохранилищ и пересмотр системы ирригации с прекращением избыточного орошения. Тогда уровень

грунтовых вод начал бы понижаться. Это спасло бы от гибели больше тысячи одних городов, не считая многочисленных сельских населенных пунктов, элеваторов и прочих построек, особенно в низменном левобережье. Разумеется, и этот путь требует затрат: снижение выработки электроэнергии должно быть компенсировано переходом на энергосберегающие методы производства и строительством типовых газотурбинных электростанций с высоким КПД. Но это придется делать так или иначе.

В этой проблеме есть и положительная сторона: со спуском водохранилищ освободятся огромные, прежде затопленные угодья, ранее бывшие сокровищницей нашего животноводства. Если бы восстановили луговое хозяйство, нам не потребовался бы ни рапс, ни пресловутый паприн. К сожалению, эти угодья вернутся к нам далеко не в прежнем виде. Заиленное дно «морей» уже загрязнено нефтепродуктами, пестицидами, солями тяжелых металлов. Здесь требуется рекультивация, включающая биотехнологическую обработку и глубокую запашку верхних, отравленных горизонтов почвы, а кое-где вообще удаление их со складированием в терриконы. При снижении степени подтопления малоценные луга из ситняга и осок должны заменяться злаково-клеверными, наиболее ценными для животноводства.

Отсюда следует, что уже сейчас надо позаботиться о перепрофилировании ряда микробиологических заводов на производство бактериальных и грибковых препаратов, вносимых в почву при рекультивации. Генные инженеры, в свою очередь, должны внести свой вклад в создание новых штаммов микроорганизмов, способных утилизировать разнообразные углеводороды, включая ароматические, и иную нежелательную органику.

Естественно, возникает вопрос: а кто будет потребителем этой продукции? Сейчас, к сожалению, таковых не найдется. Ведь земля, которая во все века считалась высшей ценностью, у нас принадлежит всем, а значит, никому. Поэтому никто не несет ответственности за уничтожение земельного фонда. Положение, однако, резко изменится, если предприятия, добывающие, перерабатывающие и транспортирующие нефть, будут платить из своей прибыли штрафы за загрязненные земли подлинным хозяевам — местным Советам. Сейчас нефтяные и химические ведомства ведут себя как зарвавшиеся колонизаторы в колонии. Но тогда они быстро подсчитают, что выгоднее не оставлять

после себя «зону пустыни». Это же относится и к другим давним должникам экологии. Только штрафы должны быть не символическими, как сейчас, и касаться не одного директора, а всего коллектива предприятия. Эти штрафы пойдут на приобретение новой продукции микробиологических заводов, основными потребителями которой будут не колхозы и совхозы, а фермеры и арендаторы.

Приведенные мною немногие примеры свидетельствуют о том, что биотехнология, особенно производство кормового белка, уже сейчас при умелом его ведении даст огромный экономический эффект, а в дальнейшем, через 10—20 лет, вообще окажется незаменимой. Утверждения о том, что биотехнология и экология несовместимы, основаны на недоразумении. Всегда следует учитывать, что биотехнология позволяет утилизировать ныне загрязняющие биосферу отходы, что соответствующие предприятия могут и должны возводиться на неудобьях и в стоимости биотехнологического продукта обязательно должна учитываться экономия плодородных угодий, ранее занятых обычными продуцентами органики.

В заключение следует остановиться на оптимальной, по мнению автора, картине будущего, причем не столь уж далекого — начале 2000-х годов. Я полностью согласен с А. Д. Сахаровым, предложившим создание двух типов территорий — рабочей (РТ) и заповедной (ЗТ)*. ЗТ — то, что сейчас не очень удачно называют рекреационной территорией. Это леса, луга, целинные степи, болота и горы. А. Д. исходил из того, что численность населения Земли достигнет 11 млрд. и около 20% своего времени люди будут проводить в ЗТ. Ясно, что проблема белкового голода не может быть решена с помощью одного животноводства. Вообще площади под сельское хозяйство должны быть существенно урезаны.

Это возможно, во-первых, при кардинальной смене диеты (с углеводной, т. е. хлебно-картофельной, на белково-жировую) и создании мощной микробиологической промышленности, утилизующей отходы леса при санитарных рубках. Но основную роль будут играть, по-видимому, водородные бактерии. Водород будет добываться, помимо реакции конверсии метана, из воды путем электролиза. Побочным продуктом будет в данном случае кислород — мощный интенсифи-

* Сахаров А. Д. Мир, прогресс, права человека // Звезда. — 1990. — № 2.

катор производственных процессов и в виде озона — сильный обеззараживающий агент. Продувая озон через сточные воды, можно добиться идеальной их очистки от фенолов и других ядовитых органических компонентов.

Естественно, для реализации этих планов надо создать не только новые автоматические, скорее всего подземные микробиологические заводы, но и новые штаммы микробов-продуцентов — с белком, максимально приближающимся по составу к оптимальному. Чрезвычайное развитие должно получить массовое производство вкусовых и запаховых добавок к искусственной пище, так как чистый белок, как правило, безвкусен, и именно поэтому искусственная черная икра не получила распространения. Видимо, будут созданы искусственное мясо, белковый хлеб, молоко и т. д. Во всем этом веское слово должна сказать биотехнология в широком смысле этого слова.

Рискну высказать предположение, что человеку середины третьего тысячелетия наше производство зерна покажется бессмысленным и невыгодным «мартышкиным» трудом, а мясное животноводство — попросту каннибализмом, убийством (хотя и в то время, быть может, найдутся любители, которые захотят заняться в свободное время лицензионной охотой и рыболовством). Конечно, при современном состоянии нашего сельского хозяйства эти слова могут показаться фантастикой. Но такой же фантастикой наверняка показались бы в эпоху вымирания мамонтов идеи выращивания пшеницы и одомашнения туров, кабанов и муфлонов.





Мухаммед Омар Сулейман

Первая суфражистка

(рассказ)

Царь Артаксеркс на третьем году своего царствования устроил великий пир и созвал на него всех князей Персии и Мидии, а также правителей подчиненных ему стран от Индии до Ефиопии. Пир длился сто восемьдесят дней без перерыва, а под конец царь пригласил на семидневный пир всех жителей престольного города Сузы. Царица Астинь принимала жен князей и придворных.

На седьмой день пира Артаксеркс пожелал показать гостям царицу, ибо была она невыразимо прекрасна, и потребовал через евнухов, чтобы Астинь явилась в царском венце пред его очи, но она заупрямилась и не захотела слушаться приказа. Возмущенный ее непослушанием, царь тут же созвал совет из семи князей Персидских и Мидийских, чтобы принять решение, как поступить со своенравной женой. Почтенные мужи были очень встревожены дерзостью царицы, они

МУХАММЕД ОМАР СУЛЕЙМАН (*Suliman*) — суданский ученый, кандидат физико-математических наук.

опасалнсь, что ее пример может оказаться заразительным и покой в их собственных домах тоже будет нарушен. Царь решил иавсегда прогнать свою супругу.

Одновременно он разослал во все концы своей страиы послання, в которых всем царским подданым иа нх языках внушалось, что женщины обязаны слушаться своих мужей. Так в самом зародыше был подавлеи женскнй бунт.

Вскоре царь прнказал отобрать самых красивых во всем государстве девушек и доставнть нх во дворец. В течение двенадцатн месяцев отобраиные девицы иатиралнсь благовониями и подкрашнвали лица, а потом в свой срок всходилн иа царское ложе. Через четыре года подошла очередь красавицы по именн Есфирь. Она так прнглянулась Артаксерксу, что он полюбил ее больше всех других жен н надел царский венец на ее голову.

Есфирь была иудейка, но ннкто об этом не знал, потому что она это скрывала. Родителей она потеряла еще в детстве, и воспнтывал ее сын ее дяди по именн Мардохей. Мардохей, которого по просьбе его воспнтаиинцы назиачилн привратником во дворце, прнобрел такое влиянне, что не склонял головы даже перед первым внзирем Аманом. Обуреваемый бешенством Амаи, узнав, что Мардохей иудейского пронсхождения, добился у Артаксеркса декрета об нстребленин иудеев во всех областях царя.

Амаи уже было собирался повеснть Мардохея, ио любимая жеиа царя Есфнрь прнзиалась ему, что н она нудейка, любовью н хнтростью добилась оиа отмены ужасиого указа и казнн Амана. Царь даже разрешнл иудеям отомстнть свонм врагам. Так погибло семьдесят пять тысяч человек, в том числе десять сыновей Амана. Мардохей занял пост первого визиря н оставался на нем до конца царствования Артаксеркса, то есть 10 лет. В память об нзбавлеини от врагов есть у иудеев празднчные дни Пурим.

Бнблейское сказание закоичилось. Теперь комментарий. Прежде всего хотелось бы уточннть хроннку событий. Историки утверждают, что Артаксеркс (нли, говоря точнее, Ксеркс) стал царем Перснн в 486 году до н. э. Дело было иа третьем году его царствовання, то есть в 483 году до н. э. Мы знаем также, что тогда люди праздновали только после сбора урожая — осенью н зимой, и зиачнт, пир начался в сентябре месяце. Сказано, что тот пнр длился 180 дней, то есть шесть месяцев: сентябрь, октябрь, ноябрь и декабрь того года, да январь и февраль следующего. И как раз в иачале весны — 1 марта 482 года до н. э. царь решил, что пора заканчнвать с пиром, н иачалась та роковая неделя в нсторин супружескнх отношений, что завершилась опнсаниыми выше событиями. Таким образом, в ночь с 7 на 8 марта царнца Астинь впервые в историн человечества отказалась подчиннться воле мужа, н был созваи тот знаменитый совет, где было принято решение об нзгнанни ее нз дворца. И хотя членов совета никак нельзя счнтать цивнлизованиымн людьми (с нашей точкн зрения), ио все-таки н они не моглн выгнать царицу нз дома среди ночн. Вот почему нменно утром 8 марта (!) того года бывшая царица Астинь стала простой гражданкой н с гордо

поднятой головой навсегда вышла из ворот царского дворца, одновременно приобретя вечную славу царицы суфражисток.

Вторая задача: понять все-таки причину развода. Скорее всего, она та же, что и занимающая ныне среди всех прочих причин первое место, — пьянство. Какая же разумная жена будет слушать мужа (даже если он царь), когда он пьянствует полгода подряд.

Почему же все-таки первые христиане отвергали сказание об Астинь и Есфирь, и только впоследствии католическая церковь включила его в состав канонических текстов Библии? Часто объясняют это тем, что Бог в Книге Есфирь упомянут только раз, а резня, учиненная над врагами евреев, грубо противоречит принципам, провозглашенным новой религией. По нашему же мнению, причина совсем другая. По-видимому, уже в те далекие времена на заре христианства вопрос о послушании жен мужьям решался далеко не всегда в пользу мужчин, а царь Артаксеркс — царство ему небесное — за семь веков до того действовал не слишком решительно в случае с первой суфражисткой: мало было только выгнать ее из дому. От глаз древних мудрецов не скрылся и тот факт, что царь явно проиграл, попав под каблук другой красавицы — Есфири, из-за чего государство потеряло 75 тысяч своих лучших людей, включая первого визиря и его десятерых сыновей.

Какие же выводы мы должны сделать из той давней истории с царем и двумя его красавицами? И как обстоит дело сейчас?

Конечно, теперь мужчины не празднуют подряд даже 18 дней, ведь не каждому такое по карману. Многие и не пытаются показывать жен как Астинь, поскольку иной раз их показывать и не в чем. Лучше их поскорее выпроводить, чтобы они все время не торчали на виду у всех, да и 70% из них утверждают, когда надо и не надо, что они глава семьи. Эти 70% семей можно сразу отбросить — с ними все ясно, и обратиться к оставшимся 30%, где муж еще может стукнуть кулаком по столу и рявкнуть, что он хозяин в доме. И тогда жена из тех 30%, что делают вид, будто все именно так и есть, тихо и спокойно говорит супругу: «Остынь», — имея в виду повелительную форму глагола «остыть». Но так как это слово очень похоже на имя первой бунтовщицы Астинь, то муж, даже не имея ни малейшего понятия о первой царице суфражисток, реагирует на него, как бык на красную тряпку, поскольку это имя со времен царя Артаксеркса навечно закодировано в мужских генах.

Мужчине ничего не остается, как хлопнуть дверью и поспешить на совет со своими друзьями-князьями в бар или куда-нибудь еще.

И хотя сами советники теперь совсем не те — тогда, во времена Артаксеркса, каждый мужчина был хозяином в своем доме, а теперь даже князья безуспешно пытаются вспомнить случай, когда чувствовали себя в собственном доме настоящими мужчинами, — совет остался прежним: «Брось ее». Правда, в наше время друзья добавляют какое-нибудь существительное или прилагательное, а иногда и целое выра-

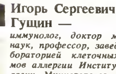
жеине. Но зато муж как цивилизованный человек не ведет себя подобио тому варвару, что выгиал жеиу две с половнной тысячи лет назад, а просто берет на следующее утро чемодаи н уходит сам нз своего дома.

На отборе самых красивых девушек н натнранни их в течеине двеиадцати месяцев благовониями останавливаться нет смысла, хотя тут есть где разгуляться воображеиию мужчни. Пойдем дальше. Сколько бы нн длнлось скитаине нашего отшельника, в конце концов он находит свою Есфирь, может, н ие всегда такую краснвую, но брак этот все-такн заключается. Национальность ей скрывать не к чему, поскольку люди теперь по преимуществу образоваииые и по лнцу определяют ие только иациональиую принадлежность, ио и полнтнческие взгляды. Да н ие так все это важно, ведь результат почти всегда одии: если иовая жена окажется такая же красивая н любимая, как Есфирь, н будет так же часто иатираться заморскнми благовониями, то наверияка в чнсло 70% женщин — глав семьи попадет еще одна. Ее кузеиа главиым человеком в стране не иазначат, но несколько родственников на работу устронть прндется. Это супружество не обойдется, коиечно, государству в 75 тысяч поддаиных, но вот казиокрадство размером тысяч в 75 может н случнться, иначе Есфирн ие благоухать французскимн духами. Муж иа этом может заработать тот же срок, что Мардохей иаходился иа посту первого внзиря, то есть 10 лет. Ну а если все произойдет иначе, то муж раио нлн поздно сиова стукнет рукой по столу, крикнет, хлопнет дверью и поспешит к друзьям-советчикам. И начнется сказка с начала.

Все более тяжелые болезни одолевают человечество, все труднее ему нести груз генетических дефектов. Выживание стало зависеть не только от внешних условий, но и от внутреннего состояния организма, от его защитных сил. Как же активизировать эти силы, помочь иммунной системе справиться с защитой?



Николай Сергеевич Прозоровский —
иммунолог, кандидат медицинских наук, научный сотрудник Института иммунологии МЗ СССР. Изучает проблемы иммунокоррекции и ее приложения к клинической аллергологии. Лауреат премии Ленинского комсомола.



Игорь Сергеевич Гущин —
иммунолог, доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией клеточных механизмов аллергии Института иммунологии Министерства здравоохранения СССР. Круг научных интересов — экспериментальная и клиническая аллергология



Путь к выживанию или способ борьбы?

История человечества оставила немало примеров опустошительных эпидемий чумы, оспы, холеры и других страшных инфекционных болезней. И все-таки человечество выжило. Выжило прежде всего благодаря огромным потенциальным возможностям иммунной системы. Даже самые страшные эпидемии не были абсолютно смертельными для популяции, всегда, во всех ситуациях кто-то выздоравливал, а кто-то и вовсе не заболевал.

В процессе эволюции противоборство инфекционных агентов и иммунной системы постоянно заставляло последнюю подстраиваться под меняющиеся характеристики возбудителей. Шел направленный отбор внутри человеческой популяции тех индивидуумов, чья иммунная система была способна противостоять инфекционному процессу. В общем, чрезвычайно упрощенном виде описанную ситуацию можно изобразить следующим образом:

возбудитель ←———— иммунная система.

Между тем человечество развивалось, накапливались знания, повышалась социальная значимость каждого конкретного человека, его ценность для общества. Уже невозможно было мириться с гибелью здоровых, полноценных людей. Появилась вакцинация, авторы которой — Дженнер и Пастер — заложили основы метода, который позволил относительно быстро найти пути предотвращения очень многих инфекционных заболеваний, уносивших до того миллионы жизней. Вакцинация искусственно повышала сопротивляемость организмов к инфекции, воздействуя на иммунную систему и сдвигая равновесие в ее пользу:

возбудитель ←——— иммунная система ←——вакцины.

Казалось, найдено универсальное оружие против инфекций, еще немного усилий, и инфекционные заболевания вообще исчезнут с лица Земли. Этого, однако, не произошло, да и, как теперь понятно, не могло произойти. Вместо укрощенных самых страшных эпидемических заболеваний на первый план выдвинулись иные болезни, как бы затаившиеся в их тени. Против них было очень трудно или вообще невозможно создать полноценные вакцины традиционными путями. Да, миллионы были спасены, но миллионы людей продолжали гибнуть, и медицина не в силах была им помочь. Новые надежды породило открытие в конце 20-х гг. пенициллина. Началась эра антибиотиков, которые еще более сдвинули равновесие влево:

возбудитель ←——— антибиотики
возбудитель ←——— иммунная система ←——вакцины.

Однако эйфория через несколько десятилетий также сменилась разочарованием, «абсолютное» оружие ока-

залось во многих случаях недостаточно эффективным. Более того, чувствительность бактерий к препаратам быстро снижалась, так как появлявшаяся устойчивость к определенному антибиотику сразу закреплялась в потомстве. Поэтому требовалось постоянно искать новые эффективные, более сильнодействующие соединения. Антибиотикотерапия в конечном итоге превратилась в непрерывное соревнование исследователя, создающего все более дорогостоящие препараты, и микроорганизмов, все более успешно к ним приспосабливающихся. Нетрудно предугадать, что человек никогда не выйдет в этом споре победителем. К тому же антибиотики, как известно, далеко не безвредны. Их употребление ведет к серьезным осложнениям, например к лекарственной аллергии, переводит инфекционный процесс в хронический и др.

Совершенно ясно, что центральным звеном защиты организма была и остается все же иммунная система. Как же на ней отразилось применение вакцин и антибиотиков? До их появления, очевидно, выживали и давали потомство только полноценные, здоровые индивидуумы, несшие в своем геноме признаки устойчивости к тем или иным возбудителям.

Введение в широкую практику антибиотиков и вакцинации существенно разбалансировало заведенный порядок. Стали выживать и давать потомство неполноценные с точки зрения иммунологического статуса особи. Этот процесс приобрел теперь лавинообразный зацикленный характер: неполноценность популяции требует более мощных методов борьбы с инфекцией, они помогают выжить людям со все более серьезными пороками иммунитета, а это, в свою очередь, требует поиска новых способов поддержания их жизни... В итоге в популяции накапливаются дефектные гены.

Конечно, такая ситуация может выражаться и в увеличении числа иных заболеваний неинфекционной природы, поскольку функция иммунной системы не ограничивается только защитой от инфекций. Поэтому не случаен, вероятно, в последнее время рост числа аутоиммунных, онкологических и аллергических заболеваний. Положение усугубляется состоянием окружающей среды, ибо радиация, ультрафиолетовое облучение, химические вещества также инициируют сбои в иммунной системе. Человечество как бы само подводит под себя мину замедленного действия. Нам кажется, что сложившаяся ситуация вряд ли в ближайшее время изменится к лучшему, и накоп-

ление неполноценных генов иммунного ответа будет продолжаться. Что можно этому противопоставить?

Пока мы не умеем пресекать передачу потомству неполноценного генетического материала, хотя в перспективе видятся, по крайней мере, три возможности.

Первая — ранний внутриутробный анализ полноценности генетического материала плода и прерывание беременности в неблагоприятных случаях. Этот путь для некоторых генетических нарушений уже налаживается*. Вторая возможность — контроль полноценности генетического материала сперматозоида и яйцеклетки. И, наконец, третья, наиболее проблематичная — искусственное исправление генетических дефектов в половых клетках перед их слиянием и имплантацией. Для реализации всех трех возможностей требуется как минимум точно знать расположение в хромосомах абсолютно всех генов, контролирующих функцию иммунной системы, и методы их коррекции. Очевидно, что это дело далеко не ближайшего будущего.

Итак, наши реальные возможности в борьбе с инфекционными заболеваниями на сегодняшний день ограничены собственным запасом прочности иммунной системы, а также применением антибиотиков и вакцин. Причем создание каждого нового антибиотика обходится все дороже и дороже, а создание эффективных безопасных вакцин требует принципиально новых подходов. Один из таких подходов успешно разрабатывается в нашей стране под руководством академика Р. В. Петрова и профессора Р. М. Хаитова. Мы имеем в виду полностью синтетические препараты, представляющие собой комплекс синтезированного антигенного материала и полиэлектролитного носителя**. Их эффективность существенно выше, чем у традиционных, классических вакцин. Однако надо отдавать себе отчет в том, что хотя вакцины в значительно большей степени, чем антибиотики, помогают иммунной системе, но и они не исправляют ее дефектов. Более целесообразно, как нам представ-

---

* Об этом см. статью С. А. Нейфаха и Ч. Кутеля «Гены и наследственные болезни» в ежегоднике «Гипотезы. Прогнозы (Будущее науки)», вып. 21 (1988 г.). — *Ред.*

** Об этом подробно см. в статье Р. В. Петрова и Р. М. Хаитова «Вакцины будущего» в ежегоднике «Будущее науки», вып. 14 (1981 г.). — *Ред.*

ляется, пытаться выявлять и корректировать сами дефекты, а не бороться с их последствиями. Разумеется, не исключая применения и вакцин и антибиотиков в тех случаях, когда оно жизненно необходимо, а таковых, к сожалению, немало.

В последние десятилетия расшифрованы многие принципиальные механизмы функционирования иммунной системы, поэтому иммунокоррекция привлекает к себе все больше внимания. Идет массовый поиск иммуноактивных препаратов. Уже получили широкое распространение такие соединения, как левамизол, предигиозан, пирогенал и др., хотя большинство из них обладает нежелательным побочным действием, что, безусловно, ограничивает их применение. Другой существенный недостаток этой группы иммуностимуляторов — отсутствие строго определенной точки приложения, т. е. воздействие сразу на многие типы клеток. Поэтому в принципе ответ организма на один и тот же препарат может быть как со знаком «плюс», так и со знаком «минус» в зависимости от длительности воздействия, соотношения разных типов клеток и многих других условий. Подобные препараты применяются и, судя по всему, будут применяться в клинике в силу своей дешевизны и простоты обращения, однако будущее принадлежит, безусловно, другим соединениям и другим подходам иммунокоррекции, цель которых — точечное выправление пораженного звена на уровне конкретной клеточной популяции или даже конкретного вещества.

* * *

Теперь мы подошли к главной задаче статьи — рассказать об одном из методов иммунокоррекции, который разрабатывается в нашей лаборатории в Институте иммунологии МЗ СССР. Но сначала несколько пояснений. Иммунная система обладает одним замечательным свойством: ее клетки могут длительно существовать и работать вне организма. Это подтверждено воспроизведением полноценных иммунологических реакций *in vivo* у летально облученных животных при переносе им иммунокомпетентных клеток и *in vitro* в искусственных условиях культивирования таких клеток. Методы, основанные на выделении клеток и манипуляциях с ними вне организма, получили название экстракорпоральных. Они существенно расширяют возможности иммунокоррегирующей терапии, поскольку позволяют получать строго

необходимую популяцию клеток и манипулировать с ней, не опасаясь затронуть иные клетки; дозировать длительность и интенсивность воздействия на клетки; использовать для обработки клеток такие концентрации веществ, которые в организме в принципе недостижимы, а также выращивать в искусственных условиях собственные клетки больного.

Эти преимущества делают экстракорпоральные методы весьма перспективными. Не случайно такой резонанс получили работы С. Розенберга (*Rozenberg*, США) с соавторами, которые использовали эти методы для лечения различных форм раковых заболеваний. Они вводили больным выращенные вне организма в присутствии важнейшего медиатора иммунной системы интерлейкина-2 (ИЛ-2) их собственные иммунокомпетентные клетки, и прежде всего так называемые клетки-киллеры (клетки-убийцы), играющие главную роль в противоопухолевой защите. Метод прекрасно показал себя, хотя и не при всех формах рака. Наилучшие же результаты были получены при лечении меланомы и опухолей почек.

Все экстракорпоральные методы клеточной иммунокоррекции представляют собой в той или иной форме введение в организм измененных каким-либо путем клеток. Сам по себе такой прием, получивший название адаптивного переноса клеток (от англ. *adopt* — усыновлять, заимствовать, принимать на вооружение), отнюдь не нов, его предтечей можно считать такой давний прием, как аутогемотрансфузия (внутримышечное введение собственной, взятой из вены в небольших количествах крови). Суть этой манипуляции в том, что, беря кровь и выдерживая ее даже незначительное время вне организма, мы тем самым меняем каким-то неизвестным образом свойства клеток крови, и это помогает больному. В определенной степени переливания крови, лейкомассы, трансплантация костного мозга — тоже формы адаптивной терапии. Понятно, что наибольший интерес представляет введение не просто измененных, но измененных вполне определенным образом с известными целями клеток. Это подразумевает достаточно высокий уровень понимания происходящих с клетками изменений. Потому-то данное направление стало активно развиваться только в последние годы одновременно с углублением знаний о работе иммунной системы. У нас в стране подобные исследования, кроме Института иммунологии, ведутся преимущественно во Всесоюзном онкологическом научном центре АМН

СССР и в Институте морфологии АМН СССР.

Наши работы, связанные с применением экстракорпоральных методов в иммунокоррекции, получили развитие в начале 80-х гг., когда более или менее стала ясна роль ИЛ-2 в организме. Интерлейкин-2 является гормоном роста для большинства клеток иммунной системы. Без него невозможно деление клеток и, следовательно, нормальное развитие большинства иммунологических реакций (рис. 1). Крайне широк в связи с этим и спектр заболеваний, при которых отмечено нарушение работы всех связанных с ИЛ-2 клеток. Сюда входят первичные и приобретенные иммунодефицитные состояния, в том числе и СПИД, системная красная волчанка, лимфолейкоз, инфекционный мононуклеоз, онкологические и некоторые другие заболевания.

Во всем мире в то время были развернуты работы по получению и использованию в клиниках этого медиатора. Результаты не очень обнадеживали, так как возникало много тяжелых осложнений при непосредственном введении ИЛ-2 больным. Нужно было искать иные пути. Один из них — уже упомянутый метод Розенберга, другой же был теоретически обоснован

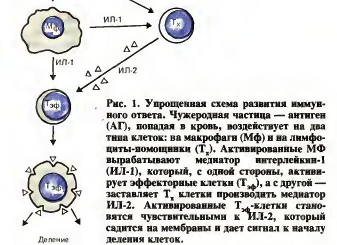


Рис. 1. Упрощенная схема развития иммунного ответа. Чужеродная частица — антиген (АГ), попадая в кровь, воздействует на два типа клеток: на макрофаги (Мф) и на лимфоциты-помощники ($Т_х$). Активированные МФ вырабатывают медиатор интерлейкин-1 (ИЛ-1), который, с одной стороны, активирует эффекторные клетки ($Т_{эф}$), а с другой — заставляет $Т_х$ клетки производить медиатор ИЛ-2. Активированные $Т_{эф}$-клетки становятся чувствительными к ИЛ-2, который садится на мембраны и дает сигнал к началу деления клеток.

сотрудником Института иммунологии, доктором медицинских наук В. П. Лесковым. Он предложил вводить в организм больного не сам ИЛ-2, а клетки, которые в активированном состоянии способны продуцировать ИЛ-2 (см. рис. 1). Такой способ значительно более естественен для организма, чем непосредственное введение огромных патологических доз ИЛ-2. Клетки-продуценты как бы резервируют медиатор и по мере потребности высвобождают его именно в тех местах, где он необходим. Можно провести аналогию с водоснабжением города двумя путями: его затоплением или строительством водопровода. Непосредственное введение в организм ИЛ-2 можно сравнить с наводнением, при котором у жителей, безусловно, не останется чувства жажды, но и сам город понесет тяжелые потери.

По нашим данным, предложенный В. П. Лесковым метод иммунокоррекции уникален и до недавнего времени не имел аналогов в мировой практике. Приступая к экспериментальному обоснованию метода, нам прежде всего необходимо было найти способ активации клеток-продуцентов интерлейкина-2. В наших руках оказался, и это было большой удачей, замечательный препарат диуцифон. Диуцифон — пара-пара-бис (2,4 диокси-6-метил-пиримединил-5-сульфонамидо) дифенилсульфон — соединение, которое было синтезировано в Институте органической и физической химии АН СССР имени А. Е. Арбузова в Казани профессором В. С. Резником по предложению известного специалиста в области лепры профессора Н. М. Голощапова и с успехом применялось для лечения этой страшной болезни.

Мы показали, что диуцифон является индуктором ИЛ-2. Затем были подобраны оптимальные условия действия препарата: температура, длительность инкубации, концентрация препарата и способы контроля за этим процессом.

Во второй фазе исследований оценивалось влияние разного количества обработанных диуцифоном клеток-продуцентов ИЛ-2 на рост иммуноцитов *in vitro*. В экспериментах мы использовали так называемые мононуклеарные клетки (МНК) периферической крови человека. Предполагалось, что таким путем в условиях *in vitro* моделируется ситуация *in vivo*, возникающая в организме больного. Действительно, клетки-продуценты ИЛ-2 стимулировали рост иммуноцитов и характер их действия зависел от их количества и дозы препарата. Мы попытались оце-

нить также действие МНК, стимулированных диуцифоном, на активность естественных клеток-киллеров. Оказалось, что обработанные препаратом МНК сами по себе обладали существенно более высокой цитотоксической активностью и вместе с тем они значительно усиливали такую активность у нестимулированных клеток. Полученные результаты позволяли сделать вывод о том, что в наших тест-системах клетки-продуценты ИЛ-2 действовали точно так же, как и сам ИЛ-2, являясь его адекватным заменителем. Это надо было проверить в системах *in vivo*.

Данная часть работы проводилась совместно со старшим научным сотрудником Института медицинской генетики АМН СССР В. М. Писаревым. Мышам вводилось разное количество обработанных диуцифоном клеток селезенки вместе с антигеном (эритроцитами барана), запускающим иммунный ответ. На 4-е сутки оценивалось содержание в селезенках опытных мышей клеток, продуцирующих специфические антитела к антигену. Было показано, что такая манипуляция существенно увеличивает количество клеток-антителопродуцентов, т. е. обладает иммуностимулирующей активностью. Совокупность полученных данных свидетельствовала о высокой эффективности метода иммуномодуляции при помощи клеток-продуцентов ИЛ-2 в модельных системах *in vitro* и *in vivo* и вплотную приблизила нас к клинической апробации метода.

* * *

Клиническая апробация проводилась в отделениях общей аллергии и реанимации Института иммунологии Е. С. Феденко, Т. В. Латышевой и В. Д. Прокопенко под руководством кандидата медицинских наук Ю. А. Порошиной. Прежде всего необходимо было подобрать группу больных, требования к которым были достаточно жесткие: наличие характерных клинических признаков вторичного иммунодефицитного состояния, возможность постоянного визуального контроля за внешними проявлениями болезни, неэффективность лечения традиционными средствами. Всем этим требованиям удовлетворяла группа больных (15—35 лет), страдающих распространенным атопическим дерматитом (АД) тяжелого течения, рецидивирующей пиодермией (гнойное воспаление кожи), респираторными проявлениями атопии (аллергии). Последние сочетались с кожными пора-

жениями, невротическим синдромом, в связи с чем заболевание протекало тяжело и нередко приводило к инвалидности. Комплекс перечисленных симптомов, сопровождающих тяжелую форму АД, был назван тяжелым атопическим синдромом (ТАС).

Способов радикального лечения больных с ТАС не существует. Даже глюкокортикостероидные гормоны (ГКС), обладающие выраженным антиаллергическим, противовоспалительным и десенсибилизирующим действием, не являются препаратами выбора. Известно, что к ГКС больные нередко привыкают и не могут без них обойтись, что вызывает тяжелые осложнения, снижается сопротивляемость к инфекции, обостряются пиодермия и очаги хронической инфекции. Возникает необходимость антибактериальной терапии, которая может, как правило, обострить АД, так как у таких больных часто встречается лекарственная аллергия. Все остальные возможные виды лечения: антигистаминные препараты, местная терапия (физиотерапевтические процедуры, иглорефлексотерапия и др.) приносят лишь непродолжительное облегчение. Возникает необходимость в ГКС-терапии высокими дозами гормонов, что, в свою очередь, активизирует гнойный процесс за счет угнетения системы иммунитета. Возникает порочный круг: пиодермия — антибактериальные препараты — обострение дерматита — системные ГКС — пиодермия... Таким образом, традиционные методы лечения оказались неэффективными для больных с ТАС, а потребность в иммунокоррегирующей терапии абсолютна, что и обусловило выбор именно этой группы больных для апробации метода экстракорпоральной иммунофармакотерапии с диуцифоном (ЭИФТ).

Принципиальная схема ЭИФТ представлена на рис. 2. Кровь больного пропускается через сепаратор. Полученная лейкоцитарная масса выдерживается (инкубируется) с диуцифоном, отмывается и вводится обратно в вену больного. Все исходные параметры — доза препарата, сроки и условия инкубации с ним клеток — были подобраны исходя из предварительных экспериментальных данных. Иммунокоррекция была сделана 12 больным с ТАС от 1 до 3 раз каждому. Интервал между процедурами зависел от клинического состояния больных, сроков рецидива пиодермии и лабораторных показателей и составлял в среднем 7—10 дней. Эффективность процедур оказалась для нас неожиданно высокой. Практически во всех случаях имела место полная клиническая

ремиссия (исчезновение признаков болезни) пиодермии на весь срок наблюдения (2 года). В отношении атопического дерматита результат оказался хуже, хотя некоторое улучшение все же имело место. На метод лечения пиодермии у больных с ТАС в 1986 г. получено авторское свидетельство.

Положительные результаты позволили расширить рамки применения метода и использовать его для лечения другой группы больных, страдающих острыми токсико-аллергическими реакциями в крайне тяжелой форме — распространенного эпидермального некролиза (синдром Лойела). Данное заболевание наряду с анафилактическим шоком — одна из форм проявления лекарственной аллергии. За последние

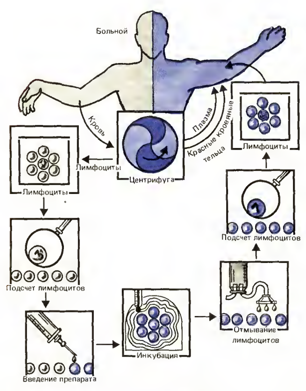


Рис. 2. Принципиальная схема проведения экстракорпоральной иммунокоррекции

годы участились случаи этого заболевания преимущественно среди молодых людей. Смертность при этом колеблется от 40 до 70%, что свидетельствует о тяжести заболевания и об отсутствии адекватных методов лечения. Клиническая картина развивается через несколько часов или суток после приема лекарств (антибиотики, сульфаниламиды) и характеризуется кожными поражениями, возникающими в определенной последовательности: покраснение кожи, высыпания, некролиз кожного покрова. Патогенез заболевания до настоящего времени не ясен, однако очевидно, что тяжесть состояния связана с нарушением целостности кожного покрова на огромных поверхностях (до 70%) тела, большой потерей жидкости и белков и вторичной пиодермией, спровоцированной применением высоких доз ГКС. В данном случае имеет место следующая цепочка: прием лекарства — токсико-аллергическое поражение кожи — лечение его большими дозами ГКС — подавление иммунологической реактивности, формирование иммунодефицита — присоединение кожной инфекции, пиодермия — возникновение сепсиса.

Основное средство борьбы с пиодермией, так же, как и в случае ТАС, — высокие дозы антибиотиков. Но коль скоро сам процесс индуцирован лекарственным соединением (возможно, теми же антибиотиками), то такое лечение очень часто вызывает повторное обострение процесса. Возникает опять же порочный круг, из которого выход — лишь коррекция сформированного вторичного иммунодефицита. ЭИФТ имеет для этой категории больных много преимуществ, но особенно важно, что в организм на столь неблагоприятном фармакологическом фоне препарат не попадает. Кроме того, известно, что активация иммунокомпетентных клеток на фоне токсических продуктов некролиза тканей крайне затруднена. Активируя их вне организма, мы как бы выводим клетки из-под блокирующего действия этих факторов, облегчая этот процесс.

ЭИФТ была проведена 5 больным с синдромом Лойела, у некоторых 2—3 раза. После процедур отмечалось полное торможение гнойного процесса, а затем быстрое очищение кожных покровов и их заживление. Существенно изменялись иммунологические показатели, в частности, возрастало общее количество лимфоцитов. Применение ЭИФТ к данной категории больных не исключает использования и традиционных методов терапии — противоаллергических

препаратов, симптоматической терапии, тщательного ухода за слизистыми и др. Напротив, наш метод наиболее эффективен в комплексе с этими манипуляциями. Применение ЭИФТ для лечения больных с синдромом Лойела, судя по всему, — значительный шаг вперед и позволяет уже сегодня смотреть на возможности лечения таких больных с большим оптимизмом.

Накопленный нами опыт обобщен в методических рекомендациях и может, по-видимому, быть применен для лечения ожоговых больных, характер кожных поражений и иммунологических изменений у которых очень похож на синдром Лойела. В настоящее время нами ведутся эксперименты на животных в этом направлении.

* * *

Мы оцениваем наш метод прежде всего как метод экстренной иммунологической коррекции. Создается впечатление, что он как бы дает толчок, запускает нормальное функционирование иммунной системы. Подобно тому как порция дополнительной энергии позволяет электрону перейти на более высокую орбиту, так и «энергия» нашей процедуры поднимает функциональную активность иммунной системы. Конечно, в качестве клеток-регуляторов в клинической практике могут быть использованы клетки-продуценты не только ИЛ-2, но и иных функционально значимых биологических соединений. Характер действия клеток-регуляторов будет зависеть от того, каким путем (препарат, физическое воздействие) и какой тип клеток (продуцентов каких медиаторов) будет активирован. Но сам подход достаточно универсален. Это подтверждается другими работами, в частности, и нашими, когда мы применяли другие клетки-регуляторы, активированные совершенно отличным от диуцифона соединением.

Успешное клиническое испытание метода поставило вопрос о целесообразности его широкого внедрения в клиническую практику. Следовало максимально упростить процедуру и убрать, или по крайней мере сократить, использование сепаратора, который не выпускается у нас в стране. Самый целесообразный для этого путь — уменьшить количество используемых для иммунокоррекции клеток, тогда для разделения клеток можно применять отечественные приборы прерывистого отбора. Они реально позво-

ляют работать с 0,5—0,8 млрд. клеток, что на порядок ниже, чем использовали мы. Тем не менее, думается, что в каких-то случаях, не очень тяжелых и запущенных, такого количества активированных клеток будет достаточно для иммунокоррекции. Другой путь — однократный отбор и активация значительного числа (5—10 млрд.) клеток, а затем их дробное введение в течение курса лечения. Однако в этом случае необходимо найти способ сохранения клеток в течение длительного времени (от суток до 2—3 недель) в состоянии активации, что весьма проблематично.

Когда жизнь подвела нас к такому выводу, в литературе появились данные об особенностях действия ИЛ-2, отличающих его от традиционных гормонов, близким аналогом которых он считался. Оказалось, что ИЛ-2 обладает свойствами короткодистантного медиатора, т. е. медиатора, действующего при непосредственном контакте клеток-продуцентов с клетками-потребителями. С другой стороны, функционально активные молекулы ИК-2 существуют не только в жидкой фазе, но и как частицы, зафиксированные на клеточной мембране. Поэтому мы предположили, что действие клеток-регуляторов синтезирующих ИЛ-2, связано не только с непосредственной продукцией ИЛ-2, но и с экспрессией (проявлением) мембранного ИЛ-2. Тогда резонно предположить, что функциональной активностью клеток-усилителей могут обладать такие клетки, которые, активно не синтезируя и не секретируя ИЛ-2, несут этот медиатор на мембране.

Для проверки данной гипотезы на экспериментальных моделях мы использовали иммунокомпетентные клетки, активированные диуцифоном. Они затем фиксировались глютаровым альдегидом (ГА), который убивал клетки, прекращая в них все процессы жизнедеятельности (в том числе и продукцию ИЛ-2), оставляя в полной неприкосновенности мембранные структуры, включая экспрессированный после воздействия диуцифона мембранный ИЛ-2 (рис. 3). Результаты экспериментов показали, что такие фиксированные клетки обладают функциональной активностью клеток-усилителей. Более того, обработка активированных диуцифоном МНК человека трипсином (фермент, разрушающий белок) перед фиксацией ГА для снятия с мембраны активных структур полностью отменяла их усиливающий эффект. Обработка трипсином с последующей 3-часовой инкубацией в присутствии диуцифона таким действием

не обладала. По нашим представлениям, в процессе инкубации с диуцифоном происходит экспрессия (проявление) мембранной формы ИЛ-2, и функциональная активность клеток-усилителей обусловлена в значительной степени этим фактором, а не только продукцией растворимой формы медиатора.

Такое положение в корне меняет ситуацию. Действительно, становится возможным получать от больного большие количества иммунокомпетентных клеток, активировать их препаратом, фиксировать и вводить затем по мере надобности в любых требуемых количествах. С другой стороны, можно применять заранее аналогично приготовленные донорские клетки (конечно, с учетом совместимости). Следовательно, речь идет о получении длительно храня-

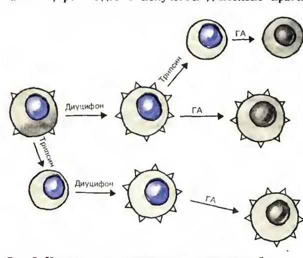


Рис. 3. Иллюстрирует эксперимент, доказывающий существование активных молекул ИЛ-2 на мембране. Исходные иммунокомпетентные клетки имеют некоторое количество медиатора ИЛ-2 на мембране (треугольники). После активации их диуцифоном ИЛ-2 на поверхности становится больше. Такие клетки можно зафиксировать глютаровым альдегидом (ГА), который убивает клетку, сохраняя в неприкосновенности ее мембранные структуры (средняя строка). Если же перед ГА клетки обработать трипсином (фермент, разрушающий ИЛ-2), то активирующий эффект диуцифона снимается, фиксируется «голая» клетка (верхняя строка). Если операции поменять местами (сначала трипсин, потом диуцифон), то активные структуры ИЛ-2 фиксируются на мембране

щегося стандартизуемого препарата активированных клеток-усилителей (регуляторов) в условиях хорошо оборудованных центров, а затем применения его в обычных клинических учреждениях путем простого внутривенного введения.

Абстрагируясь от конкретной ситуации с клетками-продуцентами ИЛ-2, активированными диуцифоном, можно утверждать, что предъявление клеткам-потребителям медиаторов на мембране имеет важное значение и для иных (возможно, не для всех) многочисленных медиаторов иммунной системы. По-видимому, будут созданы искусственные клеточные модели с функциональной активностью, зависящей от типа и характера действия медиатора, фиксированного на их мембране. В качестве носителя могут выступать как инертные клетки (например, эритроциты), так и искусственные корпускулярные образования, близкие им по размерам (липосомы, синтетические шарики) при условии их полного распада в организме после выполнения функции. Не исключено, что целесообразным будет создание неоднородных систем с фиксацией либо нескольких медиаторов на одной и той же поверхности, либо медиаторов совместно с другими структурами (антителами, антигенами), что обусловит более высокую специфичность действия комплексов. Изготовление «клеток» с фиксацией на них разнообразных структур позволит в клинической практике делать подобие коктейлей, изменяя содержание в них тех или иных форм «клеток» в зависимости от потребностей даже конкретного больного.

Данная работа носит, безусловно, экспериментальный характер, однако она открывает широкие перспективы для поиска принципиально новых методов иммунокоррекции — более целенаправленных, более щадящих и эффективных, чем существующие ныне.

Нам хотелось познакомить читателя с некоторыми тенденциями развития современной иммунофармакологии и своими взглядами на пути ее эволюции. При этом мы сознательно сузили иммунологию до рамок инфекционной иммунологии, поскольку именно эта область наиболее изучена и максимально иллюстративна. Читатель может с высокой долей достоверности экстраполировать обсуждаемые здесь положения на иные области иммунологии, поскольку механизмы формирования иммунологического ответа весьма универсальны.

Когда умирает живое существо, в конце концов умирает и каждая его клетка. Но смерть многих клеток наступает и раньше, сменяются целые их поколения, и в этом залог нормальной жизнедеятельности всего организма, а порой и его спасения. Не поразительно ли: клетки проявляют альтруизм и приносят себя в жертву ради общего блага? Смерть выступает как источник жизни



Игорь Владимирович Филиппович —

радиобиолог, доктор биологических наук, руководитель лаборатории молекулярной радиобиологии Института биофизики Министерства здравоохранения СССР, лауреат Государственной премии СССР, автор около 200 опубликованных работ. Занимается выяснением молекулярных механизмов радиационной гибели клеток

Смерть под микроскопом

(у истоков клеточной танатологии)*

Происхождение жизни издавна занимало умы естествоиспытателей, философов и религиозных мыслителей, в то время как назначение и сущность смерти в течение долгого времени обходили молчанием. Биологи и врачи не занимались этим, считая, что коль скоро «смерти и налогов не избежать никому», вряд ли стоит тратить усилия на познание смысла данного печального явления. В действительности же смерть как биологический процесс неразрывно связана с жизнью. Более того, без первой нет и последней. Так, у нематод рода Diplogaster и Rhabditis личинки, развившиеся в организме матери, могут выйти наружу,

* Танатология (от греч. thanatos — смерть и logos — учение) — учение о смерти. Предмет танатологии — непосредственные причины смерти, динамика этого процесса, клинические, морфологические и биохимические изменения, его сопровождающие, а также биологическая роль смерти.

только разорвав стенки ее тела, и, таким образом, служат причиной смерти взрослой особи.

Поскольку все живые организмы состоят из клеток, понятие смерти в полной мере применимо и к этим элементарным единицам живого, поэтому биологи, занимающиеся танатологией, должны выяснить, существуют ли какие-то специальные биохимические механизмы, вызывающие клеточную смерть? Включаются ли они еще в живой клетке или последняя вначале погибает, а потом начинает распадаться? Что значит «клетка погибла»? Всегда ли это плохо для организма? Серьезно над этими вопросами стали задумываться сравнительно недавно, и лишь на рубеже 50—60-х годов нашего столетия появились работы, в которых клеточную гибель в ряде случаев начали рассматривать как явление, имеющее вполне определенный биологический смысл, реализуемое с участием специальных биохимических процессов, и сопровождающее организм на всем жизненном пути — с момента зарождения до смерти.

Клетки живых организмов характеризуются определенным сроком жизни, причем для различных клеток он сильно колеблется. Клеточная гибель наблюдается уже на ранних стадиях онтогенеза (индивидуального развития организма). Например, при превращении в куколку и позже в бабочку. Так как взрослому насекомому не нужны межсегментные мышцы личинки, то составляющие их клетки гибнут и распадаются, так же как и клетки кишечника и кровеносной системы. У зародыша человека закладывается и в течение определенного времени существует хвост, исчезающий до момента рождения. Если по каким-либо причинам организму не удается избавиться от ставших ему ненужными клеток, то это влечет за собой возникновение различных уродств. Например, если гибели части клеток при формировании конечностей не происходит, разделение пальцев оказывается неполным, и они остаются сросшимися.

Гибель клеток постоянно происходит и на протяжении всей жизни организма. В детском возрасте у человека особенно развит один из органов иммунитета — зобная железа, или тимус. По достижении ребенком 11—15-летнего возраста происходит ее редукция, связанная с гибелью клеток. В теле взрослого человека ежедневно отмирает (с последующим восстановлением) около 2% клеток, что необходимо для нормального существования организма. Так клетки эпидермиса кожи выполняют защитную функцию лишь

в том случае, если они ороговевают, т. е. если наступает их смерть. В крови каждую секунду отмирает около 4 млн. эритроцитов, что связано с удалением старых структур, не способных более к переносу кислорода.

В силу особенностей процессов жизнедеятельности и в результате постоянного воздействия факторов внешней среды в клетках происходят изменения генетического материала (мутации). Риск возникновения таких мутаций на первый взгляд невелик: мутирует примерно одна клетка из миллиона. Однако расчет показывает, что по мере усложнения организмов процессы мутагенеза становятся фактором, угрожающим их жизнеспособности. Поэтому многоклеточные организмы могут нормально существовать лишь при наличии у них иммунной системы, узнающей и уничтожающей измененные мутантные клетки.

Наконец, гибель регистрируется среди делящихся (пролиферирующих) клеток, причем за счет баланса между пролиферацией и гибелью регулируется клеточный гомеостаз, т. е. обеспечивается поддержание числа клеток на постоянном уровне.

Таким образом, в большинстве случаев отмирание клеток представляет собой биологически целесообразное явление, смысл которого состоит в обеспечении нормального существования организма как целого. Однако так же как и весь организм, клетки могут погибать и при изменении условий их естественного, физиологического существования в неблагоприятную сторону, например, при недостатке кислорода, действии ядов, повышении температуры. Такую насильственную гибель, разумеется, нельзя считать оправданной с биологической точки зрения.

О формах клеточной гибели

Применительно к клеткам предложена определенная классификация различных форм гибели. Вполне понятно, что как любая схема она в достаточной мере условна.

1. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ГИБЕЛЬ КЛЕТОК. Эта форма характерна для случаев гибели клеток на протяжении всей жизни организма, т. е. при физиологически нормальных условиях. Примером служит гибель зрелых (дифференцированных) клеток в процессе обновления-замещения.

2. ПРОГРАММИРУЕМАЯ ГИБЕЛЬ.

Ее можно считать частным случаем физиологической гибели. Однако в первую очередь она характерна для эмбрионального периода развития организмов, для органогенеза, удаления временных органов. Особенность этой формы клеточной гибели заключается в том, что она жестко детерминирована во времени.

3. НАСИЛЬСТВЕННАЯ (СЛУЧАЙНАЯ) ГИБЕЛЬ. Возникает при воздействии на клетки различных сильных раздражителей: механических, термических, электрических, при большом недостатке кислорода, при действии на клетку ядов. Естественно, что насильственным образом могут погибать как делящиеся, так и зрелые клетки организма. Эта форма гибели в первую очередь затрагивает группы клеток.

При насильственной гибели в клетке постепенно развивается некроз (омертвление). Для его начальной стадии характерно небольшое набухание митохондрий — «энергетических фабрик» клетки, расщепление комплекса «белоксинтезирующих машин» — полирибосом и появление глыбок ядерного материала — хроматина в области, примыкающей к ядерной мембране (рис. 1). Этот процесс обратим, однако в гибнущей клетке начальные изменения развиваются дальше, и она проходит так называемую «точку необратимости», минуя которую оказывается уже обреченной на смерть. Для второй стадии некроза характерна потеря митохондриями своей внутренней структуры, выход в цитоплазму ферментов, разрушающих клеточные компоненты, постепенное исчезновение ядра. Разрыв наружной мембраны клетки приводит к тому, что она перестает существовать как морфологическая единица и ее остатки окончательно разрушаются ферментами или утилизируются специальными клетками (фагоцитами). Этот заключительный этап некроза носит название автолиза, т. е. самопереваривания клетки.

В случае физиологической и программируемой гибели морфологические изменения носят другой характер (рис. 2). Вначале клетка теряет микроволоски на наружной мембране, функция которых заключается в установлении контакта с другими клетками, затем она резко сжимается, и ядерный хроматин лишается своей упорядоченности, превращаясь в гомогенную массу, занимающую часть ядра (пикноз). Вероятно, точка необратимости при данной форме гибели находится где-то на стадии, предшествующей

пикнозу. По мере того как процесс гибели заходит дальше, ядро приобретает неправильную, как бы «изрезанную» форму, и в итоге разрушается, образуя фрагменты, остающиеся в клетке. Продолжая сжиматься, клетка в конце концов сама распадается на отдельные образования, ограниченные наружной мембраной, которые могут заключать в себе остатки ядерного материала и клеточные органеллы (митохондрии и рибосомы). Дальнейшая судьба этих образований такая же, как и клеточных остатков при не-

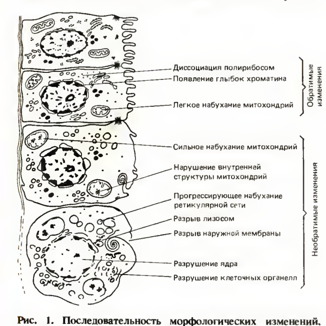


Рис. 1. Последовательность морфологических изменений, наступающих в клетке при некрозе.
В нормальной клетке (вверху) хорошо различимы ядро и другие внутриклеточные образования — митохондрии, лизосомы, комплексы полирибосом. Изменения в погибающей клетке начинаются с появления глыбок хроматина, расщепления комплекса полирибосом и небольшого набухания митохондрий. На этой стадии клетка проходит «точку необратимости». В дальнейшем в ней происходят прогрессирующие изменения, которые выражаются в нарушении внутренней структуры митохондрий, разрыве лизосом, разрушении ядра и наружной мембраны. Эти изменения приводят к потере клеткой упорядоченной структуры — некрозу (внизу)

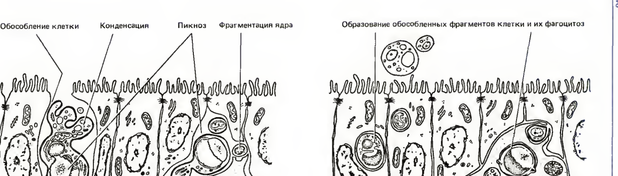


Рис. 2. Последовательность морфологических изменений, наступающих в клетке при программированной форме гибели. Вначале погибающая клетка как бы обособляется от остальных и сжимается. Вероятно, где-то здесь находится «точка необратимости». Наступает гомогенизация и сжатие хроматина (пикноз), после чего он фрагментирует. В дальнейшем сама клетка распадается на части, которые подвергаются фагоцитозу

крозе. Такнм образом, еслн для клеток, погнбающнх наснльственно, характерны процессы набухання большннства органелл и их последующнй разрыв, то при фнзнологнческой н программнруемой гибелн, наоборот, пронсходнт сжатне клеток, а органеллы остаются неповрежденнымн.

В 1972 году группа исследователей — Дж. Ф. Р. Керр, А. Г. Вэйли, А. Р. Карн (Kerr, Wyllie, Currie, Австралня, Великобрнтання) предложила называть весь комплекс морфологнческнх изменений, наблюдаемых прн физнологической н программнруемой форме гибели клеток, термнном «апоптоз» (от греч. apoptosis — опаданне лепестков цветка нлн лнстьев с дерева). Этим как бы подчеркнвался «естественный» ее характер в отличне от наснльственной, некротнческой формы.

Разумеется, нзложенная класснфикация форм гибелн клеток по морфологическнм крнтерням не означает, что апоптоз всегда характерен для какой-то определенной категорин клеток. Одна н та же клетка, напрнмер опухолевая, может погибнуть как по механнзму некроза, так н апоптотнческн. Равным образом однн и тот же фактор, напрнмер недостаток кнслорода, может вызвать гибель клеткн по разному тнпу.

О чем говорят исследования на моделях?

Прежде чем изучать механнзмы клеточной гибели, необходимо ответнть на вопрос, каковы ее крнтерни?

Гнбель — это необратимая реакция клетки на повреждення, выражающаяся в утрате прнсущих ей функций. Так как основная функцня растущих клеток — способность к деленню, то ее утрата — крнтернй гибелн.. Для зрелых же, неделящихся клеток гибель проявляется в потере тех илн нных специалнзнрованных функций (выработка определенных продуктов «на экспорт», распознаванне чужеродных клеток н т. д.).

Поскольку процесс гибелн клеток включает несколько стаднй, то с помощью соответствующих показателей можно определять наступленне более ранних нли более поздних его этапов. Напрнмер, изменення структуры клеточных мембран, виднмые в электронном мнкроскопе, развнваются рано. В качестве крнтериев сравннтельно поздних этапов отмнрання нспользуют прокрашнванне клеток.

Моделирование некроза особых затруднений не вызывает. Для этого применяют два типа агентов: энергетические яды и токсические воздействия, нарушающие транспортные функции мембран. Гибель этого типа происходит и при функционировании иммунной системы: при взаимодействии некоторых белков сыворотки крови с чужеродными клетками-мишенями.

Для изучения механизма апоптоза используют несколько моделей, например воздействие глюкокортикоидов или ионизирующей радиации на лимфоидные клетки, или разросшуюся после введения солей свинца печень крыс.

Как установлено работами в лаборатории С. Ф. Трампа (*Trump*, США), гибель клетки по типу некроза связана с первичным нарушением функций мембран, выходом гидролитических ферментов из лизосом и как следствие с деградацией ДНК хроматина. Программируемая гибель клетки в отличие от некроза не сопровождается нарушением клеточной энергетики, до последнего момента сохраняется способность к синтезу белка и нуклеиновых кислот. Более того, в отличие от некрозов программируемую гибель можно в значительной степени предотвратить, если этот синтез подавить ингибиторами. Так же как и при некрозе, при программируемой гибели происходит деградация ДНК хроматина, однако она распадается на фрагменты не произвольного, а вполне определенного размера, кратного участку ДНК, входящему в нуклеосому*. Выяснено, что деградация ДНК хроматина при апоптазе носит межнуклеосомный характер, а при некрозе происходит как между отдельными нуклеосомами, так и в пределах каждой из них.

Еще одно существенное отличие программируемой гибели клеток от некротической состоит в том, что в первом случае деградация хроматина возникает не вследствие клеточной гибели, а наоборот, предшествует нарушению проницаемости наружной клеточной мембраны. У нас в лаборатории показано, что распад хроматина начинается сразу после получения клеткой сигнала к гибели, и образующиеся фрагменты в дальнейшем выходят из ядра. Таким образом,

* Нити хроматина образованы ДНК и глобулами, состоящими из ядерных белков (гистонов). Глобулы располагаются вдоль нити ДНК, наподобие бусин, нанизанных на нитку (нуклеосом).

межнуклеосомная деградация хроматина является биохимическим показателем гибели, а вещества, предотвращающие деградацию, предотвращают также гибель клетки.

Как происходит программируемая гибель клетки?

Один из примеров гибели клеток в процессе нормального развития организма — формирование крыла у зародыша цыпленка. Интересно то, что если обреченные на гибель клетки выделить на определенной стадии и пересадить в другую часть зародыша, то они через некоторое время погибают точно так же, как если бы оставались на прежнем месте. Однако если клетки пересадить несколько раньше, то они не погибают, а начинают выполнять функции того участка зародыша, куда были пересажены. Создается впечатление, что в жизни клетки наступает определенный период, после прохождения которого в ней необратимо запускается программа, реализация которой завершается ее гибелью. Программируемая гибель может наступать под влиянием различных воздействий, однако всегда приводит к одному и тому же конечному результату — к межнуклеосомной деградации хроматина.

Существование окружающих нас живых существ определяется деятельностью генетического аппарата составляющих их клеток. Основная, управляющая часть этого аппарата, или, как его называют, генома,— гены (участки ДНК, в структуре которых хранится вся информация, определяющая «портрет» той или иной клетки и передающаяся по наследству). Именно в них и заложена программа судьбы клетки.

Для того чтобы информация о судьбе клетки, записанная, или, как говорят, закодированная в определенном гене, реализовалась, ген должен включиться, т. е. заработать. Считывание информации включает в себя образование информационной РНК и специфического белка — продукта деятельности гена. Так, например, эритроциты, лейкоциты и тромбоциты, содержащиеся в крови животных и человека, происходят из одних и тех же клеток-родоначальниц, находящихся в костном мозге. Однако в зависимости от условий, в которые попадают эти исходные клетки, в них включаются соответствующие гены, продукты деятельности которых и обеспечивают

функциональное своеобразие их потомства, т. е. его дальнейшую судьбу.

Как говорилось выше, наступление апоптоза и деградацию хроматина можно предотвратить, если в погибающей клетке подавить синтез РНК и белка, например обработав ее циклогексимидом или пуромицином. Заманчиво предположить поэтому, что для реализации программы гибели в клетке необходимо включение определенных генов. В 1965 г. Р. Вебер (*Weber*, Швейцария) провел интересный эксперимент. Он выращивал головастиков в воде, в которую был добавлен актиномицин Д. При этом у головастиков сохранялся хвост и развивались уродства передних и задних конечностей. О генетической обусловленности феномена клеточной гибели говорят и другие примеры. Например, самки плодовой мушки становятся стерильными, т. е. неспособными производить потомство, если определенные гены вызывают гибель специальных питающих клеток, обычно окружающих развивающиеся яйца. Несколько генов у мыши ответственны за избирательную гибель клеток, расположенных в различных частях хвоста. Напомним и сказанное ранее о том, что один из видов уродств у человека — синдактилия (сросшиеся пальцы) — связан с отсутствием гибели клеток при формировании конечности и представляет собой наследственную аномалию.

Конечно, окончательным доказательством генетической природы программируемой гибели клеток было бы выделение белков, ответственных за этот процесс, т. е. генных продуктов и, разумеется, самих генов.

Действительно, в погибающих клетках удается обнаружить появление новых белков, причем иногда их количество оказывается довольно велико. Например, при дегенерации клеток межсегментных мышц личинок табачной моли (*Manduca sexta*) появляется более 30 новых белков. Однако нельзя утверждать, что за гибель ответственны именно они. Можно было бы ответить на этот вопрос более определенно, если бы удалось ввести их в клетку и при этом она бы погибла. Что касается выделения из клеток самих генов, управляющих программируемой гибелью, то это пока еще следует рассматривать как перспективу, хотя и не очень далекую.

В самое последнее время сотрудникам лаборатории М. Лэвина (*Lavin*, Австралия) удалось выделить фрагменты генов, которые включаются в лей-

козных клетках человека при их гибели, вызванной некоторыми гормонами. Два выделенных фрагмента по структуре оказались нетождественными ни одному из известных на сегодняшний день генов человека. Теперь необходимо выделить эти гены целиком, ввести их в клетки и заставить там работать. Если при этом наступит гибель клеток, то вопрос о генетической природе программируемой гибели можно будет считать решенным.

Пока это не сделано, можно выдвигать и другие гипотезы. В самом деле, почему бы не предположить, что программируемая гибель клеток вообще не связана с работой генов? Действительно, мы знаем, что межнуклеосомная деградация хроматина, характерная для этой формы гибели, является результатом действия одного из ферментов — дезоксирибонуклеазы, активность которой зависит от совместного присутствия ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}. Этот фермент в большом количестве содержится в хроматине самой клетки, но почему-то не проявляет себя до тех пор, пока клетка не получила сигнал к гибели. Поэтому механизм включения программируемой гибели по существу сводится к выяснению причины, почему хроматин в обреченной на гибель клетке начинает атаковаться своим собственным ферментом, который как бы «срывается с цепи»? Предположений на этот счет может быть несколько.

Поскольку активность фермента зависит от ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}, то вполне возможно, что сигналом к запуску деградации хроматина в гибнущей клетке может быть усиление поступления по крайней мере одного из этих ионов в клеточное ядро. Действительно, недавно группой исследователей, занимающихся изучением транспорта в клетку ионов Ca^{2+} были получены данные о том, что если процесс подавить специфическими блокаторами, то гибели не наблюдается. Наоборот, если активизировать процесс поступления ионов в клетку, то развивается типичная картина программируемой гибели.

Высказывалась гипотеза о том, что деградация хроматина в гибнущей клетке может быть вызвана истощением в ней запасов одного из метаболитов, играющих критическую роль в обменных процессах,— НАД. Этот метаболит участвует в образовании поли-АДФ-рибозы — биополимера, играющего важную роль в поддержании стабильности структуры ДНК. В ответ на повреждения, возникающие в ДНК клетки, происходит усиление образования поли-АДФ-

рибозы, а содержание НАД резко снижается. Чем больше повреждений возникает в ДНК, тем интенсивнее образуется поли-АДФ-рибоза и тем меньше НАД остается в клетке. Наконец наступает такой момент, когда количество НАД снижается настолько, что клетка не может более существовать, и тогда наступает ее гибель, т. е. деградация хроматина. Эта гипотеза оказалась не лишенной оснований: при разнообразных воздействиях, вызывающих повреждения ДНК, в клетке всегда наблюдался всплеск синтеза поли-АДФ-рибозы на фоне резкого падения содержания НАД. В это же время регистрировалась клеточная гибель.

Мы решили проверить эту гипотезу для случая гибели облученных лимфоцитов. Эта модель оказалась очень удобной, так как именно при воздействии на клетки ионизирующей радиации в ДНК возникает много повреждений, в ответ на которые резко активируется образование поли-АДФ-рибозы из НАД. Однако все оказалось не так просто (рис. 3).

Действительно, в облученных клетках усиливалось образование поли-АДФ-рибозы, и это сопровождалось снижением содержания в них НАД, межнуклеосомной деградацией хроматина и гибелью. Тогда мы попытались воспрепятствовать снижению уровня НАД, подавив образование поли-АДФ-рибозы с помощью специального ингибитора — бензамида. Мы посчитали, что если гипотеза справедлива, то следует ожидать, что деградация хроматина и гибель также должны предотвращаться. Однако эксперимент показал следующее. Хотя в облученных клетках, обработанных бензамидом, содержание НАД стало таким же, как в необлученных лимфоцитах, деградация хроматина происходила в них с той же интенсивностью, как и в клетках, к которым ингибитор не добавляли. Таким образом, нам не удалось подтвердить справедливость гипотезы о критической роли уровня НАД в программируемой гибели облученных лимфоцитов.

А почему бы не предположить, что нуклеаза «срывается с цепи» и начинает атаковать ДНК из-за того, что теряет свое обычное место в хроматине, т. е. меняет свою локализацию? Действительно, в нормально функционирующей клетке фермент и ДНК могут быть пространственно разобщены, а после получения сигнала к гибели нуклеаза вступает в контакт с ДНК. Выяснить, так ли это на самом деле, оказалось непросто, и мы еще не закончили все эксперименты.

Мы сшиваем белки хроматина с ДНК с помощью УФ-света, выделяем образующиеся комплексы и после их фракционирования определяем, присутствует ли в них нуклеаза. Если в нормальной клетке фермент не контактирует с ДНК, то он не будет с ней сшиваться, и в комплексе обнаружить его не удастся. Если же по получении клеткой сигнала к гибели нуклеаза «садится» на ДНК, то при облучении УФ-светом она окажется с ней сшитой и, следовательно, будет присутствовать в образующемся комплексе.

Много ценной информации для понимания механизмов запуска программируемой гибели клеток дает изучение процессов, управляющих их дифференцировкой, т. е. специализацией. В определенный момент своей карьеры клетка прекращает делиться и начинает выполнять в организме специальные функ-

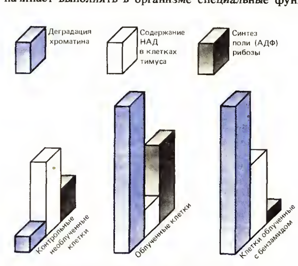


Рис. 3. Проверка гипотезы о роли НАД в запуске программируемой гибели. В нормальных, необлученных клетках содержится много НАД при низком уровне синтеза поли-АДФ-рибозы и деградации хроматина (слева). После облучения ионизирующей радиацией (в центре) резко усиливается синтез поли-АДФ-рибозы и деградация хроматина, а содержание НАД — падает. Добавление к облученным клеткам бензамида подавляет синтез поли-АДФ-рибозы, причем содержание НАД увеличивается до уровня, регистрируемого в необлученных клетках (справа). Степень деградации хроматина при этом не меняется, оставаясь на том же уровне, как в облученных лимфоцитах

ции, неизбежно старея. Потенциально бессмертны постоянно делящиеся, например, раковые клетки, которые сами становятся жертвой своей экспансии, погибая от недостатка питательных веществ. Исследуя дифференцировку лимфоцитов, мы показали, что различные химические вещества, индуцирующие этот процесс, вызывают типичную картину программируемой гибели. Причем в первую очередь гибнут более зрелые лимфоциты, а среди молодых клеток — их предшественников — наблюдается появление более дифференцированных форм. Напрашивается заманчивый вывод: а не отражают ли события, происходящие в клетках при программируемой гибели, процессы их окончательной дифференцировки?

Типичным примером такой дифференцировки клеток в организме служит, например, созревание эритроцитов млекопитающих и клеток хрусталика глаза. Незрелые предшественники этих клеток содержат ядра и на определенной стадии развития утрачивают их, превращаясь в окончательно дифференцированные клетки. А ведь утрата ядра происходит через межнуклеосомную деградацию хроматина, т. е. точно так же, как реализуется программируемая клеточная гибель! Правда, дифференцированные клетки не погибают сразу, а выполняют свои специализированные функции, однако выбор сделан, и, вступив на этот путь, клетка как бы сама себе подписывает смертный приговор.

Интересно, что даже на начальных этапах развития опухоли в ней также происходит гибель клеток, причем этот процесс связан со снижением интенсивности работы специальных генов, ответственных за неконтролируемое размножение опухолевых клеток (так называемых онкогенов). Таким образом, клеточная гибель выступает в данном случае в роли естественного регулятора процессов опухолевого роста. Можно себе представить, какую революцию в медицине совершило бы открытие новых путей лечения онкологических заболеваний, основанных на вмешательстве в механизмы, управляющие программируемой гибелью клеток.

О клеточном альтруизме и эволюции

Итак, программируемая гибель клетки в отличие от насильственной формы представляет собой гене-

тически-детерминированный процесс ее самоуничтожения. В последнее время даже появилась тенденция называть эту форму гибели клеточным суицидом, т. е. самоубийством. Как мы видели, гибель клеток в эмбриогенезе направлена на формирование здорового, полноценного организма, т. е. клетки жертвуют собой во благо организма как целого. Такой альтруизм проявляют клетки и во взрослом организме, когда он подвергается воздействию различных генотоксических факторов внешней среды, и в первую очередь радиационного и химического.

Одно из наиболее ранних проявлений последствий облучения млекопитающих и человека — массовая гибель клеток лимфоидной ткани. Образно говоря, эти клетки первыми принимают на себя удар такого мощного фактора, как ионизирующая радиация. Через некоторое время после гибели облученных лимфоцитов органы заселяются новыми клетками. В чем может заключаться смысл этого явления с позиций клеточного альтруизма? Ведь массовая гибель лимфоцитов после облучения ослабляет одну из основных систем жизнеобеспечения организма — иммунную систему, так как лимфоциты — иммунокомпетентные клетки, способные реагировать на появление чуждых для организма антигенов выработкой строго специфичных к ним антител. Эта функция предполагает безошибочный характер функционирования генома. В то же время ионизирующее излучение вызывает в ДНК различные повреждения, которые частично или полностью блокируют или извращают функции генома. Хотя со временем ДНК может восстанавливаться, однако даже то малое число повреждений, которое остается в облученных клетках, уже не гарантирует прежней слаженности работы иммунологического аппарата лимфоцитов. Поэтому наступает их выбраковка: клетки погибают как неспособные надлежащим образом выполнять свои функции. В дальнейшем на смену погибшим клеткам приходят новые, здоровые. Природа как бы вложила в лимфоцит механизм, сущность которого образно выразил Дж. Дж. Кон (*Cohen*, США), — «лучше мертвый, чем испорченный».

Еще один пример клеточного альтруизма. Известно, что клетки эмбрионов (зародышей) крайне чувствительны к воздействию токсических химических веществ и радиации. Если, например, мышиные эмбрионы облучить или подвергнуть воздействию химических мутагенов, а затем снова дать им возмож-

ность развиваться в теле матери, то хотя количество жизнеспособных особей в потомстве сильно уменьшится, у появившихся на свет мышат регистрируется и меньше уродств. В данном случае эмбриональные клетки, получившие повреждения, так же как и лимфоциты, выбраковываются, давая тем самым возможность развиваться клеткам, способным сформировать полноценный организм.

Что же служит сигналом выбраковки «испорченных» клеток? Здесь мы пока снова вынуждены вступить в круг тех же предположений, которые высказывались при обсуждении механизмов запуска программируемой клеточной гибели.

И в заключение несколько слов о том, почему в процессе эволюции у организмов возникла необходимость в такой гибели. Обратимся к растениям. Как известно, современные однолетние формы погибают после плодоношения: вся масса клеток, составляющих их организм, отмирает, давая жизнь потомству — семенам. В девонском периоде предки современных однолетних растений достигали высоты 25 м. Вследствие больших размеров им требовалось значительное количество питательных веществ, что приводило к недостатку последних. Растениям грозило полное вымирание. В этот момент и появились гены, управляющие гибелью. Растения с такими генами получили преимущество перед остальными.

Мы находимся у истоков молодой и увлекательной области науки о клетке — клеточной танатологии. Почти каждый год приносит все новые и новые данные о механизмах регуляции, особенностях проявления и общебиологическом значении феномена клеточной гибели. Исследователи как бы наверстывают упущенное, стремясь задать природе как можно больше вопросов. Нет недостатка и в ответах, некоторые из них звучат почти фантастически. Время решит, какой же правильный. Ведь по меткому признанию М. М. Пришвина «ложные гипотезы впоследствии бывают полезны тем, что и в ошибках вскрывают истинные побудительные мотивы их создания».

Наш сон — таинственное, загадочное и почти непознанное до настоящего времени явление. Мы одинаково боимся как плохих снов, так и бессонницы. Последняя к тому же с трудом лечится. Но для того, чтобы помочь, нужно понять истоки процесса. Свою лепту в это призваны внести и математические методы



Александр А. Борбели —
швейцарский профессор, физиолог, заведующий лабораторией экспериментального и клинического изучения сна Института фармакологии при Цюрихском университете, президент Европейского общества по изучению сна

Бессонница и математика

Если спросить простого человека с улицы, для чего нужен сон, то он, скорее всего, ответит — для отдыха, для восстановления сил. Такой ответ, несомненно, основывается на обыденных наблюдениях: каждый вечер мы ложимся спать утомленными, а утром встаем свежими и бодрыми. Несмотря на то, что с субъективной точки зрения такое заключение представляется самоочевидным, оно до сих пор не имеет ни научного объяснения, ни анализа. Выдающийся физиолог, лауреат Нобелевской премии Вальтер Гесс писал в 1932 г.: «Те особые механизмы, которые во время сна производят процесс восстановления, остаются скрытыми в тканях организма. Они пока не имеют исчерпывающего объяснения; само их существование лишь предполагается на основе вызываемых ими эффектов. Однако именно эти механизмы лежат в сердцевине проблемы сна, а бездеятельность органов чувств, мышц и психических функций — это лишь побочные факторы, способствующие протеканию процессов восстановления в тканях».

Сегодня, шестьдесят лет спустя, мы ненамного приблизились к разрешению вопроса о причинах сна. Есть данные, подтверждающие гипотезу, гласящую, что во сне в тканях организма могут протекать про-

цессы синтеза. Об этом свидетельствует высокая концентрация в крови гормона роста и низкая — гормона кортизола в начале сна: гормон роста принимает участие в процессах синтеза, а кортизол — в процессах распада, химического разрушения молекул организма. Однако ключевые механизмы, лежащие в основе процессов разрушения, все еще неизвестны. Можно сказать, что исследования сна — необычный раздел науки: изучаемый объект темен как внешне (человек спит в темноте), так и по сути своей. Пролить на него хоть немного света — одна из главных задач наших исследований.

Определенный сдвиг в понимании процессов, регулирующих сон, произошедший в последнее время, связан с применением математического моделирования. Настоящая статья представляет собой изложение новейших достижений и гипотез в этой области.

Двухпроцессная модель

В регуляции сна принимают участие два процесса. Один, названный нами *S* (от *sleep* — спать), представляет собой как бы накопление потребности во сне в ходе бодрствования и зависит от его длительности. Возможно, что при этом происходит образование и аккумуляция в мозге каких-то еще неизвестных химических веществ*. Кроме этого, потребность во сне возникает из-за сильного влияния постоянного внутрисуточного биоритма с периодом, близким к 25 часам**. В свое время Франц Хальберг (*Halberg*), хронобиолог, работающий в США, ввел термин «циркадианные», или «циркадные» ритмы, ставший сейчас общепринятым (от лат. «цирка» — около, «диес» — день). В соответствии с этим определением мы назвали данный биоритм процессом *C* (циркадным).

Первые попытки моделирования циркадных ритмов активности = покоя были предприняты почти 30 лет назад Ашоффом и Вивером (*Aschoff, Wever*) (ФРГ), которые предположили, что в условиях эксперимента это можно сделать при наложении по-

* См. статью Ш. Иноуэ, В. М. Ковальзона «Диалог о «веществах сна»» в ежегоднике «Гипотезы. Прогнозы», вып. 23 (1990 г.). — *Ред.*

** См. статью Б. И. Цуканова «Индивидуальное время и инфаркт» в этом выпуске ежегодника. — *Ред.*

рога перехода от бодрствования ко сну на синусоидальный процесс. Спустя двадцать лет Кронауэр (*Kronauer*) с сотрудниками (США) предложили схожую модель, предусматривающую существование в организме двух источников колебаний. Согласно этой модели, значения колебательной функции, превышающие некий уровень, расцениваются как бодрствование, а остальные — как сон. Хотя данные модели и были полезны для анализа циркадных ритмов, в них имелся один весьма существенный недостаток: они никак не соотносились с устойчивым характером регуляции.

Нами разработана модель, показывающая, как процессы *S* и *C* взаимодействуют друг с другом. Кривая, отражающая первый, идет вверх во время бодрствования и снижается во время сна. Процесс *C* (синусоидальная кривая) независим от предшествующей активности или покоя. Его верхняя точка приходится на 4 часа утра, когда особенно трудно не спать, а нижняя — на 4 часа дня. Модель учитывает, что на процесс *C* воздействуют также внешние факторы, вызывающие «сбой» внутренних часов организма и их приспособление к ритму освещенности.

Интересно, что изменения потребности во сне находятся в противофазе с ритмом температуры тела. Желание спать максимально, когда температура достигает суточного минимума, и снижается по мере приближения температуры тела к своему пику. На рис. 1 синусоидальная кривая $\bar{C}$ показывает не сам процесс *C*, а его зеркальное отражение вокруг оси абсцисс или изменения температуры тела. Эту кривую можно рассматривать и как порог бодрствования,

Цикл сон – бодрствование
S
$\bar{C}$
Бодрствование Сон Бодрствование Сон
7 23 7 23 7
Время суток

Рис. 1. Двухпроцессная модель регуляции сна. Кривая S отражает устойчивый процесс регуляции. Циркадный биоритм представлен кривой $\bar{C}$. Потребность во сне определяется интервалом между кривыми S и $\bar{C}$

так как ее нижняя точка соответствует максимальной потребности во сне.

Данная модель, впервые представленная нами на Рингберговском симпозиуме по циркадным системам позвоночных в 1982 г., предполагает, что потребность во сне в каждый данный момент представляет собой сумму процессов S и C, или разницу между кривыми S и C. Из рис. 1 видем ход этих кривых и интервалы между ними в течение суток. После пробуждения человека в 7 утра кривые идут рядом все утро; это означает, что желание уснуть выражено слабо. После полудня интервал становится все больше и больше, пока не достигает максимума в 11 вечера. Ночью во время сна интервал постепенно уменьшается и доходит до нуля в момент пробуждения (7 утра).

Можно сказать, что процесс S работает, как песочные часы, которые переворачиваются каждый раз, когда человек засыпает или пробуждается, после чего отсчет начинается сначала. Колебания процесса C происходят независимо от того, спит человек или бодрствует; этот процесс действует, как механические часы.

Качественная версия модели

В нашей лаборатории налажена методика многочасового непрерывного спектрального анализа с помощью ЭВМ электрической активности головного мозга (ЭЭГ) у подопытных животных (лабораторных крыс) и человека. При изучении ее динамики в течение всей ночи у здоровых испытуемых было обнаружено, что характеристики процесса S могут быть выведены из так называемой медленноволновой активности ЭЭГ (спектральный диапазон 0,75—4 гц). Она снижается в ходе сна, что отражает, очевидно, постепенное уменьшение интенсивности каких-то неизвестных фундаментальных процессов в течение ночи (например, постепенное истощение гипотетических веществ, накопленных при бодрствовании).

В последнее время осознано, что хроническое недосыпание, нарастающее в течение рабочей недели, опасно не столько для здоровья, сколько для производственной деятельности человека. Созданный в США специализированный комитет «Катастрофы, сон и социальная политика» пришел к выводу, что большая часть промышленных и транспортных катастроф происходит в определенные ночные часы, когда у че-

ловека отмечается максимум сонливости. В это время бдительность персонала понижена из-за нарушений бодрствования и внимания и периодически возникающих неосознаваемых периодов «микросна». В отчете комитета, представленном конгрессу, говорится, что производственная деятельность человека в условиях научно-технической революции диктует необходимость строгого соблюдения гигиены сна, в то время как его образ жизни плохо согласуется с этим требованием. Специалисты прогнозируют, что эта коллизия в ближайшие годы будет обостряться, что потребует принятия специальных мер во всех промышленно развитых странах. В частности, предлагается резко увеличить ассигнования на фундаментальные исследования механизмов регуляции сна, без понимания которых прикладные и клинические работы не могут успешно развиваться.

На рис. 2 показано, что случится, если человек не поспит всю ночь и весь последующий день. Так как сон не начинается в 11 вечера, как обычно, то процесс S продолжает нарастать. Интервал между кривыми S и $\bar{C}$ достигает первого максимума в 4 часа утра, в момент «кризиса». В последующие часы кривые вновь сближаются, указывая на снижение тяги ко сну. К моменту, когда испытуемый, наконец, ложится спать, т. е. в 11 часов вечера на следующий день, разность между двумя кривыми достигает значительной величины. При этом первоначальный уровень медленноволновой активности более высок, чем при



Рис. 2. В период лишения сна процесс S продолжает нарастать. Последующий период восстановительного сна протекает намного более интенсивно, но продолжительность его ненамного увеличивается

обычном сне (рис. 1), что служит экспериментальным подтверждением того факта, что в ходе бодрствования происходит нарастание процесса *S*. Недавние опыты ряда авторов из Голландии и США, обнаруживших, что чем ближе к вечеру возникают короткие периоды дневного сна, тем выше в них уровень медленноволновой активности, также свидетельствуют в пользу этой гипотезы.

Количественный вариант модели с двумя порогами

Даан (*Daan*) и его сотрудники (Голландия) в 1984 г. предложили количественную версию двухпроцессной модели. Они определили временные константы процесса *S* на основе изучения ЭЭГ во сне, и исходя из работ шведских авторов Акерштедта и Гилберга (*Akerstedt, Gillberg*), получивших данные о длительности сна, возникающего в различные фазы циркадного процесса у человека, вычислили характеристики порога окончания сна *H*, который модулируется процессом *C* (рис. 3). Колебания *H* описываются асим-

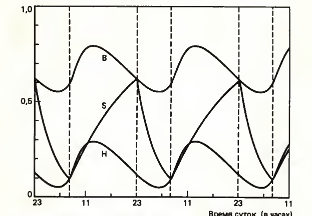


Рис. 3. Усовершенствованная модель регуляции сна. Процесс *S* колеблется между двумя пороговыми кривыми — верхней (*B*) и нижней (*H*), которые, в свою очередь, определяются циркадным процессом *C*. Процесс *S* нарастает во время бодрствования (с 7 утра до 11 вечера) и снижается во время сна (с 11 вечера до 7 утра)

метричной синусоидальной функцией с высокой крутизной нарастания и низкой — спада. Чтобы определить также и время наступления сна, в модель был введен второй порог *B*, ограничивающий восходящую часть кривой *S* сверху. Так как *B* не удается вывести из экспериментальных данных, то было сделано допущение, что его амплитуда и степень асимметрии идентичны таковым у кривой, отражающей *динамику изменений H*. Тогда процесс *S* колеблется между порогами *H* и *B*. Варьируя амплитуду циркадной модуляции и расстояние между *H* и *B*, удается получать циркадные, бициркадные и полифазные варианты регуляции сна-бодрствования.

В опытах, когда испытуемые изолированы и не имеют представления о реальном времени, часто наблюдается десинхронизация цикла сна-бодрствования. Ритм изменений температуры тела, как уже говорилось, обычно стабилен, а периодичность ритма сна-бодрствования может значительно варьировать, что приводит к постоянному изменению фазовых соотношений между ними. В условиях «изоляции от времени» вначале все ритмы у испытуемого находятся в состоянии синхронизации, когда начало сна, как и положено, совпадает с нижней точкой температурного цикла. Однако постепенно развивается явление внутренней десинхронизации, и испытуемый ложится спать в разные моменты температурного цикла.

Тем не менее, несмотря на сдвиг фазовых взаимоотношений, изменения температуры явно оказывают некоторое воздействие на сон. Хронобиолог из ФРГ Юрген Цулли (*Zulley*) обнаружил, что длительность периода сна, который начинается в нижней точке температурного цикла, короче, чем у периода, берущего старт на вершине температурной кривой. Соответственно моменты засыпания испытуемых группируются на нисходящей ветви этой кривой, а моменты пробуждения — на восходящей. Если подставлять в двухпроцессную модель определенные параметры, и накладывать случайные шумовые компоненты на пороговые кривые *H* и *B*, то удается промоделировать особенности вышеописанного процесса внутренней десинхронизации.

Сколько же в мозге «внутренних биологических часов», циркадных осцилляторов, которые поддерживают *ритмику различных процессов в* организме, — один, два или несколько? Американская исследовательская группа в составе ныне покойного Эллиота Вейцмана (*Weitzman*) и Ричарда Кронауэра предпо-

ложила существование двух осцилляторов: одного — стабильного с периодом около 25 часов, который обеспечивает ритм температуры тела и выброса гормона стресса кортизола, а второго — меняющегося, регулирующего ритм сна-бодрствования. Мы, однако, считаем преимуществом нашей модели то, что она предполагает достаточность одного саморегулирующегося циркадного осциллятора для объяснения всей полноты имеющихся экспериментальных данных.

Мера сонливости

Для определения степени «сонливости» человека в дневное время американскими исследователями Карскадон и Дементом (*Karskadon, Dement*) был разработан специальный тест. Начиная с половины десятого утра и до половины восьмого вечера, каждые два часа, испытуемого укладывают в постель. Если он засыпает, его немедленно будят. Интервал времени, необходимый для того, чтобы снова заснуть, — мера сонливости, она называется латентностью сна. После долгого ночного сна она возрастает, после бессонной ночи резко сокращается. В обычных условиях латентность остается на относительно стабильном уровне в течение всего дня. Если же привычное время засыпания уже прошло, а человек продолжает бодрствовать, то она снижается, доходя до минимума в ранние предутренние часы. Хотя длительность предшествующего бодрствования и оказывает свое воздействие на оба показателя сна — его латентность и медленноволновую активность ЭЭГ, но их временная динамика различается. С нарастанием потребности во сне медленноволновая активность также экспоненциально растет, а латентность сна в первые 15—20 часов вообще почти не меняется, начиная затем постепенно снижаться.

Пытаясь рассчитать динамику латентности сна в рамках двухпроцессной модели, мы рассмотрели возможность того, что этот параметр определяется разностью между ординатами точек кривых *S* и *B*. Однако при этом стало очевидно, что версия модели, предложенная Даан и сотр., в которой параметры *B* соответствуют параметрам нижнего порога *H*, неадекватна, так как она не предсказывает ни падение латентности сна при продолжительном бодрствовании, ни ее небольшое снижение после полудня. Тогда модель была преобразована таким образом, чтобы

амплитуду, степень симметрии и фазы пороговых кривых *В* и *Н* можно было определять независимо. Такая модификация не противоречит первоначальному допущению, что оба колебательных процесса, иллюстрируемые кривыми *Н* и *В*, поддерживаются одним-единственным циркадным осциллятором (известны различия по фазе и форме колебаний и у других биоритмов: температуры тела, уровня гормона кортизола и т. д.). Остается, однако, неясным, соответствуют ли новой версии те факты, которые так удачно укладывались в рамки предыдущей. Об одном из них — внутренней десинхронизации биоритмов — уже рассказывалось. Другой — это так называемый полифазный сон во время продолжительного пребывания в постели.

Недавно два молодых исследователя сна — Скотт Кэмпбел (*Campbell*) из США и Юрген Цулли из ФРГ — в остроумной серии экспериментов показали, что если поместить молодых здоровых испытуемых на несколько суток в такие же условия, в каких находятся подопытные животные, то есть в небольшую камеру при полной изоляции, избытке воды и пищи, хотя и довольно однообразной, с почти постоянным пребыванием в постели, то у человека постепенно восстанавливается «естественный» характер сна. Монофазный сон сменяется полифазным, т. е. человек начинает спать не только ночью, но и днем; качественные различия между сном в первую и вторую половину ночи стираются; сон становится более дробным, после каждого его цикла возникает более или менее длительное пробуждение; общее время сна возрастает до 10 часов в сутки и более и т. д. На основании этих данных был сделан важный вывод о том, что характер сна человека далек от естественного: он находится под жестким давлением цивилизации, требующей от человека поддерживать высокий уровень бодрствования большую часть суток для выполнения профессиональных и социальных обязанностей.

Изучение нарушений сна отличается от других разделов медицины, таких как лечение сердечно-сосудистых или раковых заболеваний, тем, что оно направлено не на борьбу с опасным для жизни недугом (поскольку расстройства сна сами по себе редко представляют непосредственную угрозу для жизни и здоровья), а скорее на улучшение общего самочувствия, работоспособности и «качества жизни». В этом смысле исследования сна можно отнести к такому раз-

делу медицины, который иногда называют «наукой о милосердии».

Для расчета динамики латентности сна мы использовали две группы параметров. В одном случае у нас получилась синусоидальная функция, зеркально симметричная нижней пороговой кривой *H*; а в другом — тоже синусоидальная функция, но с задержкой по фазе относительно кривой *X;* в этом случае оказалось возможным рассчитать дневной спад латентности сна. Парадоксальное увеличение латентности сна в ночь, следующую за продолжительным его лишением, легко объяснимо различием в скорости роста кривых *S* и *B*.

Как уже говорилось, в опытах голландских исследователей Дайка (Dijk) и соавторов медленноволновая активность ЭЭГ у здоровых испытуемых была тем выше, чем ближе к вечеру происходил приступ дневного сна; это означает, что амплитуда медленных волн возрастает как функция длительности предшествующего бодрствования. В тех же опытах присутствовал дневной спад латентности сна. Оказалось, что основные результаты этих наблюдений соответствуют модели при удачном подборе параметров кривой *B*. Однако существует альтернативная возможность, что верхняя пороговая кривая *B* обладает бимодальной динамикой с дневным запаздыванием, и что снижение латентности сна — результат этих особенностей. Для выяснения того, какая из двух гипотез справедлива, необходимы дальнейшие опыты.

Внутриэпизодическая динамика медленноволновой активности ЭЭГ

Главный постулат, лежащий в основе двухпроцессной модели регуляции сна — общее падение интенсивности процессов, обуславливающих медленный сон, в течение ночи, что приводит к снижению уровня медленноволновой активности ЭЭГ от цикла к циклу. Мы показали, что эта тенденция проявляется также и в скорости подъема и спада медленноволновой активности **внутри** каждого отдельного эпизода медленного сна. Таким образом, двухпроцессную модель можно расширить, включив в нее внутриэпизодическую (относительно быструю) динамику. Ранее предполагалось, что биоритмы с периодом порядка десятков минут находятся под воздействием процесса *S*, либо, наоборот, что они сами определяют динамику

этого процесса. В начале 70-х годов было обнаружено, что между быстрыми изменениями в ЭЭГ и более медленными сдвигами, идущими в течение всей ночи, существует связь, которую, однако, детально не исследовали.

В расширенной версии двухпроцессной модели регуляции сна находит свое место тот факт, что период формирования медленноволновой активности в каждом отдельном эпизоде медленного сна мало меняется от цикла к циклу, в то время как скорость такого формирования падает. Это дает основание для предположения, что вначале формирование медленноволновой активности ЭЭГ происходит под доминирующим воздействием главным образом S-независимого процесса, но постепенно главная роль переходит к S-зависимому процессу, который и определяет конечный уровень активности. Эта гипотеза была подтверждена нами в опытах на животных.

И у человека, и у крысы процесс S определяет тот предельный уровень, до которого может дорасти амплитуда медленноволновой активности ЭЭГ внутри отдельного эпизода сна.

Аккерманом (Achermann, Швейцария) были предложены 2 подтипа данной модели, позволяющих имитировать динамику медленноволновой активности в эпизодах сна. Основное различие между подтипами состоит в том, что в первом из них предполагается экспоненциальное падение пороговой кривой, так что она становится, по сути, эквивалентом кривой S, в то время как во втором пороговая кривая уже не определяется внешней функцией, а зависит от динамики медленноволновой активности ЭЭГ. Последний вариант вносит принципиальное изменение в исходную двухпроцессную модель регуляции сна, поскольку в ней предполагалось, что уровень процесса S определяется средним значением медленноволновой активности ЭЭГ за цикл. В новой версии Аккермана каждое данное значение кривой процесса S пропорционально точечному уровню медленноволновой активности (что было впервые предсказано в 1987 г. Берсмой (Beersma, Голландия), Дайком и их сотрудниками). Эта новая особенность модели позволяет имитировать резкое увеличение медленноволновой активности, возникающее в первую ночь после периода лишения сна у человека. Более того, удается объяснить изменения медленноволновой активности при различных нарушениях ночного сна. На рис. 4 представлена компьютерная имитация динамики медлен-

новолновой активности в ходе ночного сна человека.

В соответствии с данной моделью, падение уровня медленноволновой активности в конце каждого эпизода медленного сна определяется возникновением запускающего, так называемого «триггерного» сигнала парадоксального сна; этот сигнал опережает начало самого периода парадоксального сна у человека на несколько минут. Предполагалось, что временная приуроченность и длительность этого запуска управляется неким внешним фактором, не включенным в настоящую модель. В соответствии с первоначальной качественной версией считалось, что по-

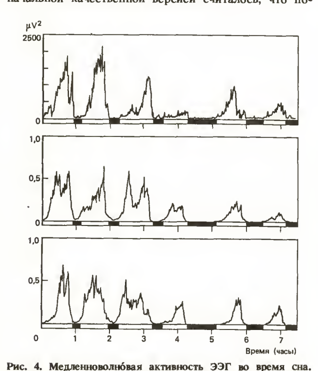


Рис. 4. Медленноволновая активность ЭЭГ во время сна. (Спектральная плотность в диапазоне частот 0,75—4,5 гц.) Периоды парадоксального сна обозначены черными полосками. Верхняя часть — эмпирические данные. Средняя и нижняя части — результаты теоретических расчетов на ЭВМ, полученные с помощью расширенной версии двухпроцессной модели регуляции сна. Различия между двумя расчетами возникают из-за внесения в модель гауссовского шумового параметра

требность в парадоксальном сне определяется главным образом циркадным процессом *C*, а также процессом *S*, и что этот последний оказывает тормозящее действие на парадоксальный сон. Модель Мак-Карли и Хобсона (McCarley, Hobson, США) предполагает, что между процессами медленного и парадоксального сна существует противоположно направленное взаимодействие, которое и формирует цикл сна. Однако этот аспект проблемы далее не разрабатывали и не проверяли. Берсма и его сотрудники (Голландия) применили последнюю модификацию двухпроцессной модели регуляции сна для расчета сокращения латентности парадоксального сна у пожилых депрессивных больных по сравнению со здоровыми контрольными испытуемыми соответствующего возраста. Включение в настоящую модель механизмов, формирующих цикл сна, будет значительным шагом вперед. Для этого необходимо рассматривать кроме циркадного процесса *C*, также взаимодействие постоянных процессов медленного и парадоксального сна.

Разумеется, изложенная здесь двухпроцессная модель регуляции сна и ее различные модификации — лишь рабочая гипотеза. Идеи, лежащие в ее основе, нуждаются в дальнейшем развитии и адаптации. Тем не менее такое моделирование полезно в двух отношениях: во-первых, оно помогает поместить значительное количество разрозненных экспериментальных данных в единую концептуальную рамку; во-вторых, оно позволяет высказать некоторые предположения, которые могут быть проверены в дальнейших опытах. Уже существуют определенные указания относительно возможных биологических механизмов, лежащих в основе обоих вышеописанных процессов — *S* и *C*.

Например, как уже указывалось, нарастание процесса *S* в ходе бодрствования и его падение во время сна хорошо соответствуют колебаниям уровня гипотетического «вещества сна», существование которого предсказывалось еще в начале века. Что касается процесса *C*, то он, по-видимому, отражает работу «внутренних часов», которые могут регулировать, кроме сна, и различные другие ритмические процессы в организме — колебания температуры тела, уровень кортизола и т. п. Важно еще раз подчеркнуть, что представленная модель, в отличие от некоторых других, предполагает существование лишь одного-единственного осциллятора-ритмоводителя в организме.

В заключение хотелось бы отметить, что проблема сна — один из необычно «коварных» разделов биологии: на первый взгляд она кажется предельно простой, но на деле постоянно «ускользает» от научного понимания. Это заставляет исследователей проявлять в достаточной мере осторожность при формулировке гипотез и сдержанность в прогнозах. Можно не сомневаться, что будущее науки подарит нам еще немало сюрпризов, связанных с проблемой сна. Как сказал философ Мартин Хайдеггер: «Та кажущаяся ясность, с какой природа предстает перед нами как вполне предсказуемая взаимосвязь различных сил, может способствовать правильному наблюдению, но именно такие удачи часто вводят в заблуждение, ибо видя, что правильно по внешнему проявлению, мы не постигаем, что истинно по сути своей».

Г50 **Гипотезы.** Прогнозы (Наука и фантастика). Международный ежегодник. — М.: Знание, 1991. — Вып. 24. — 272 с.

1 р. 40 к. 75 000 экз.

Яркие прозрення, ккк нзвестно, встречкются не только в досткточно серьезных выступлениях спецналнстов, но н в пронзкеденнях иного жкнрк, которые мы относнм к художестkенной литерктуре. В ежегоднике теперь нкряду со статьями печаткются нкучиофкнткстнческне ркссккзы, сккзки, эссе, которые нкпнсаны ученымн и могут ркссмктрнккться квк однк нз форм нкучного предвидения. Тккны обркзом, не только рациональное знкнне, но и ннтунция ученых к еще большей мере проявятся нк стрвницкх ежегодникк. Именно этим объясняется его новый подзкголокок — «Наука н фкнткстика».

Книгк рассчиткнк нк самый шнрокнй круг читателей.

Г $\frac{1403000000-021}{073(02)-91}$ 9-91 ББК 72

Статьи иностранных ученых перевели:
Т. Оуэн. Поиски внеземной цивилизации. — Кандидат физико-математических наук *С. Верещагин.*

Редактор переводов статей иностранных авторов — *Р. Чуйкова*

ГИПОТЕЗЫ. ПРОГНОЗЫ

(Наука и фантастика)

Международный ежегодник

Выпуск двадцать четвертый
Редакторы: *О. Куксина, Г. Кремнева, О. Лапшин, В. Микулицкий*
Младший редактор *Т. Захарова*
Художественный редактор *К. Вечерин*
Обложка *Н. Пьяных*
Технический редактор *Т. Луговская*
Корректор *В. Каночкина*

ИБ № 11428

Сдано в набор 28.09.90. Подписано к печати 07.03.91. Формат бумаги $84 \times 90^1/_{32}$. Бумага кн.-журнальная. Гарнитура «Тип Таймс». Печать офсетная. Усл. печ. л. 11,90. Усл. кр.-отт. 24,15. Уч.-изд. л. 15,84. Тираж 75 000 экз. Заказ 1612. Цена 1 р. 40 к. Издательство «Знание». 101835, ГСП, Москва, Центр, проезд Серова, д. 4. Индекс заказа 919601. Ордена Трудового Красного Знамени Тверской полиграфический комбинат Государственного комитета СССР по печати. 170024, г. Тверь, пр. Ленина, 5.

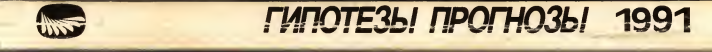
1 р. 40 к.

ГИПОТЕЗЫ ПРОГНОЗЫ

НАУКА И ФАНТАСТИКА 24



Издател[illegible] [illegible]ние·
Москв[illegible]


ГИПОТЕЗЫ ПРОГНОЗЫ 1991